

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту
освітнього ступеня «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення технологічного процесу видалення гною на
свинофермі з розробкою лопатевого аератора компосту**

Виконав: студент 4 курсу, групи М-2-20

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Жаріков Дмитро Олександрович

Керівник: _____ Дудін Володимир Юрійович

Рецензент: _____ Кулік Євгеній Петрович

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем
Освітній ступінь: «Бакалавр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
ІТС

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«06» травня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Жаріков Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення технологічного процесу видалення гною на свинофермі з розробкою лопатевого аератора компосту

керівник проєкту Дудін Володимир Юрійович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«06» травня 2024 року № 820

2. Строк подання студентом проєкту 07.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Аналіз питання процесу та обладнання для аерації гною. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, відомії досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Характеристика підприємства та загальна інформація про матеріал. 2. Проектування технологічного процесу видалення гною. 3. Покращення конструкції аератора компосту. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Економічна оцінка. Загальні висновки. Бібліографічний список

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Технологічна схема (1 аркуш, А1). 2. Змішувач-аератор МПК-Ф-1 (А1). 3. Фрезерний барабан (А1). 4. Кришка підшипника (А3). 5. Кришка притискна (А3) 6. Вал (А3). 7. Лопать (А4). 8. Подвійна лопать (А4). 9. Економічні показники (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Дудін В.Ю., доцент		
Нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 06.05.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.04.2024 р.	
2	Теоретичний	до 15.04.2024 р.	
3	Експериментальний	до 30.04.2024 р.	
4	Охорона праці	до 10.05.2024 р.	
5	Економічний	до 22.05.2024 р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2024 р.	

Студент

_____ (підпис)

Жаріков Д.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

_____ (підпис)

Дудін В.Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Жаріков Д.О. Удосконалення технологічного процесу видалення гною на свиноферми з розробкою лопатевого аератора компосту / Дипломний проєкт на здобуття ступеня бакалавра за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2024. Графічна частина складається з п'яти аркушів формату А1.

Проєкт включає вступ, аналіз виробничої діяльності підприємства та обґрунтування необхідності вдосконалення агрегату. На основі зоотехнічних та екологічних вимог, а також існуючих рішень, виконано розрахунок робочих органів аератора. Розроблено конструкцію аератора для гною. Встановлено вимоги щодо охорони праці під час підготовки та видалення гною. Проведено техніко-економічну оцінку розробленого аератора. Проєкт містить висновки, список використаної літератури та додатки.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО МАТЕРІАЛ	10
1.1. Загальні дані	10
1.2. Технологія підприємства	11
1.3. Характеристики та склад свинячого гною	12
1.4. Загальна інформація про технології.....	16
1.5. Висновки	18
2. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ	20
2.1. Основні відомості.....	20
2.2. Вихідні дані до проектування та розрахунку, зоотехнічні вимоги	22
2.3. Відомі технології компостування та їх аналіз	24
2.4. Розрахунок основних параметрів	25
2.5. Проектування технологічної схеми	28
2.6. Висновок	30
3. ПОКРАЩЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ АЕРАТОРА КОМПОСТУ	31
3.1. Актуальність питання	31
3.2. Патентний аналіз відомих винаходів	32
3.3. Суть вдосконалення	36
3.4. Розрахунок геометричних характеристик аератора	39
3.5. Визначення кінематичних та силових параметрів	43
3.6. Розрахунок вала на міцність	44
3.7. Розрахунок шпонкового з'єднання	48
3.8. Висновки	49
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	50
4.1. Нормативно правова база.....	50
4.2. Вимоги охорони праці при прискореному компостуванні.....	51

4.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях	52
4.4. Захист навколишнього середовища	53
4.5. Висновок	54
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА АГРЕГАТУ	55
5.1. Методика розрахунку економічної ефективності.....	55
5.2. Висновок	56
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59
ДОДАТКИ	63

ВСТУП

В умовах інтенсивного розвитку свинарства, одним із ключових аспектів ефективного управління агропромисловим комплексом є оптимізація технологічних процесів, пов'язаних із відходами тваринництва. Вирішення проблеми ефективного видалення та переробки гною на свинофермах є актуальним завданням, яке вимагає інноваційного підходу та сучасних технологічних рішень. Значне накопичення гною не лише створює проблеми з санітарією та екологією, але й є втраченим ресурсом, потенціал якого може бути використаний у виробництві органічних добрив за допомогою процесу компостування.

Цей дипломний проект спрямований на розробку та оптимізацію технологічного процесу видалення гною на свинофермі та подальшого його використання в біогазовій установці, що включає створення ефективного аератора для компостування гною. Вироблений біогаз буде використаний для обігріву. Особливістю свиноферми є те, що підлога виконана під нахилом, а отже гній буде самопливом стікати, не потребуючи очистки. Основна мета проекту - підвищити ефективність обробки відходів тваринництва, мінімізуючи негативний вплив на довкілля та забезпечуючи виробництво високоякісних органічних добрив.

У роботі будуть досліджені сучасні методи та обладнання для видалення та переробки гною, аналіз ефективності існуючих рішень та їх недоліків. Особлива увага приділяється розробці аератора компосту, який має забезпечити оптимальний доступ кисню до компостованого матеріалу, тим самим підвищуючи ефективність компостування та скорочуючи час переробки гною в добриво.

Проект включає теоретичні розрахунки, конструктивне проектування аератора, а також експериментальну перевірку його ефективності. Важливою

частиною роботи є оцінка економічної ефективності запропонованих рішень та їх впливу на екологічну безпеку агропромислових підприємств.

Впровадження розробленого аератора для компостування на свинофермах дозволить не тільки оптимізувати процес видалення гною, але й відкрити нові можливості для аграрного сектору, перетворюючи відходи на цінний ресурс, що сприяє сталому розвитку сільського господарства та охороні навколишнього середовища.

Цей проект є внеском у розвиток екологічно чистих технологій в агропромисловому секторі, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та екологічної безпеки.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО МАТЕРІАЛ

1.1. Загальні дані

ПП «Сіґма» є значним свинарським господарством, зосередженм на культивуванні м'ясних порід свиней, комерціалізації свиней за живою вагою, розвитку та продажу племінних чистопородних свинок, а також на розробці та модернізації сучасних свиноферм, оптимізованих для догляду та вирощування свиней.

Наразі, «СІҒМА» позиціонує себе як одного з лідерів аграрного бізнесу в Україні, вирізняючись в рейтингу свинарських господарств не лише в Дніпропетровській області, але й по всій країні. Компанія прагне до ефективного вирощування свиней, використовуючи передові технології для підвищення продуктивності через генетичні та утримувальні інновації. Її клієнтами є провідні м'ясопереробні заводи по всій Україні, які віддають перевагу продукції «Сіґма» за високі м'ясні характеристики та низький вміст жиру.

Виробничі потужності розташовані в Дніпропетровській, Новомосковській, Васильківській, та Магдалинівській областях, з головним офісом у селі Степове, де знаходяться також репродуктор і комплекс для дорощування. «Сіґма» активно займається реконструкцією та модернізацією своїх технологій та обладнання відповідно до світових стандартів ведення свинарського бізнесу. У планах компанії - реконструкція застарілих свиноферм, будівництво нових об'єктів згідно з інноваційними технологічними вимогами, збільшення виробничих обсягів до 54 000 голів шляхом розширення та оптимізації матеріальної бази, а також розвиток власної роздрібної мережі «Крамниця М'ясна».

Підприємству належить рекорд за найбільший бутерброд із салом.



Рисунок 1.1 - Грамота «Рекорд. Найбільший бутерброд із салом»

1.2. Технологія підприємства

Успішне керування свинарським бізнесом у сучасних умовах вимагає створення нового типу свинарських підприємств, які інтегрують передові технології інтенсивного свинарства, енергоефективність, а також мінімізують вплив на навколишнє середовище. У розробці технологій застосовано санітарні, технологічні, ветеринарні стандарти України та ЄС, включаючи стандарти добробуту тварин.

Технологічний процес включає в себе круглорічну трьохфазну систему вирощування свиней (підсос, дорощування, відгодівля) з постійною організацією роботи, базованої на роздільному утриманні тварин за статтю та віком із диференційованим харчуванням та умовами утримання.

При розробці зонування виробничих секторів використано принцип "усе порожньо - усе зайняте" для підтримки високого рівня здоров'я стада та ефективного переміщення тварин між секторами.

Годівля свиней реалізована через вільний доступ до корму за допомогою кормових автоматів із системою зволоження або з бункерних годівниць сухими кормосумішами. На репродукторах застосовують дозоване харчування з об'ємними дозаторами.

Система кормороздачі складається з зовнішнього бункера для оперативного запасу корму, стаціонарного кормороздавача (ланцюгово-шайбового або спірального) та годівниць. Для напування тварин використовуються чашкові автонапувалки. Автоматизовані системи вентиляції, опалення та охолодження (у деяких випадках) забезпечують оптимальний мікроклімат у приміщеннях.

Вентиляція здійснюється за принципом від'ємного тиску, але у деяких секторах дорошування використовується припливно-витяжна система. В одному з приміщень застосована система з геотермальною акумуляцією. Видалення гною реалізовано за допомогою самопливної системи періодичної дії.

Тверді та рідкі фракції гною проходять крізь щілинну підлогу до гноєзбірних ванн, де вони накопичуються завдяки герметичному затворенню зливних отворів. Після заповнення ванни, зливна пробка підіймається вручну за допомогою гака, і гній спрямовується до зливного отвору, звідки через каналізаційні труби вивозиться за межі свинарника до проміжного гноєзбірника, а далі - фекальним насосом переправляється до місця накопичення або до біогазової станції для переробки.

1.3. Характеристики та склад свинячого гною

Недавні аналізи економічної вигоди від застосування мінеральних добрив демонструють, що через зростання цін на товари хімічної промисловості, їхнє використання у сільськогосподарській діяльності виявилось менш економічно вигідним порівняно з початком 2014 року. Ця обставина спонукала фермерів

шукати інші варіанти забезпечення необхідним NPK. Одним із таких варіантів стали органічні добрива, які багато хто з виробників раніше ігнорував. Звісно, повністю відмовитися від використання хімічних добрив сьогодні неможливо. Однак, чи можемо ми розглядати органічні добрива, зокрема свинячий гній, як повноцінну альтернативу мінеральним, та чи забезпечить їх використання стабільні врожаї?

Органічні добрива мають велике значення для збільшення запасів гумусу в ґрунті, який зменшується за умови регулярного використання хімічних добрив. Гумус служить основою для енергії біологічних процесів у ґрунтах, є джерелом мікро- та макроелементів доступних рослинам, фізіологічно активних речовин, а також діє як сорбент для пестицидів та важких металів. Він містить приблизно 97-99% усіх запасів азоту та 60% фосфору. Рівень гумусу є ключовим фактором родючості ґрунту, від якого залежать створення водостійкої структури, покращення аерації, регуляція живильного режиму та фізичних властивостей ґрунту. Без використання органічних добрив, втрати гумусу можуть сягати 500 до 1000 кг на гектар щороку. Простий спосіб збільшити його вміст та отримати високі врожаї - це внесення гною.

Рідкий гній часто утворюється в інтенсивних технологіях тваринництва, де використовуються щільні підлоги замість солом'яної підстилки. Гній від тварин одного виду може мати різні показники поживності на різних фермах, тому норми його внесення також будуть різнитися.

Хімічний склад гною може варіюватися в різних країнах. Наприклад, в Україні вміст азоту в свинячому гної з вологістю 96% становить 2 кг/т, фосфору - 1 кг/т, калію - 1,6 кг/т, тоді як в Німеччині такий же гній містить 3 кг/т азоту, 1 кг/т фосфору і 2 кг/т калію. Однак, вміст NPK може бути і вищим, досягнутий завдяки правильному зберіганню гною в лагунах.

Таблиця 1 - Типовий хімічний склад свинячого гною в Україні

Свинячий гній, види	Суха речовина, %	Вміст поживних елементів, кг/т		
		Азот (N)	Фосфор (K ₂ O ₅)	Калій (K ₂ O)
Підстилковий	30	6	3	7
Напіврідкий	10	6	2	2,7
Рідкий	4	2	1	1,6

Таблиця 2 – Типовий хімічний склад свинячого гною в Німеччині

Суша речовина, %	Вміст поживних елементів, кг/т				
	Азот (N)	Фосфор (K ₂ O ₅)	Калій (K ₂ O)	Сульфат (SO ₃)	Магnezіум (MgO)
2	3	1	2	0,5	0,3
6	4	2	2,5	0,7	0,4
10	5	3	3	0,9	0,5

Однією з найважливіших характеристик свинячого гною є його багатство азотом. Азот є невід'ємною складовою рослинних білків, хлорофілу, ферментів та інших важливих компонентів, необхідних для зростання рослин. Рослини абсорбують азот переважно у формі нітратів (NO₃⁻) та амонійних іонів (NH₄⁺), причому нітратна форма є домінуючою для їх споживання. Амоній виявляється більш корисним на початкових етапах зростання і може бути використаний рослинами відразу після внесення. Однак він схильний до швидкої випаровуваності та втрати поживних речовин, особливо під впливом прямих сонячних променів та при високій температурі повітря. Чим довше гній залишається на повітрі або чим інтенсивніше його розпорошують під час

внесення, тим швидше знижується його поживна цінність. Випаровування аміаку, необхідного рослинам, спричиняє кислотні дощі та підкислення екосистеми в цілому, а також стає причиною викиду парникових газів.

Ефективність використання свинячого гною суттєво залежить від погодно-грунтових умов і зростає від південних до північних регіонів України. Свинячий гній впливає не лише безпосередньо, але й має тривалий вплив, проявляючи свою дію на другий та третій рік після застосування (так званий ефект післядії). Таким чином, за перший рік гній асимілюється рослинами на 70%, на другий рік - на 10%, а на третій - на 5%. Найбільш доцільно використовувати свинячий гній у системі удобрення для культивування багаторічних трав (зеленої маси), озимих і ярих злакових.

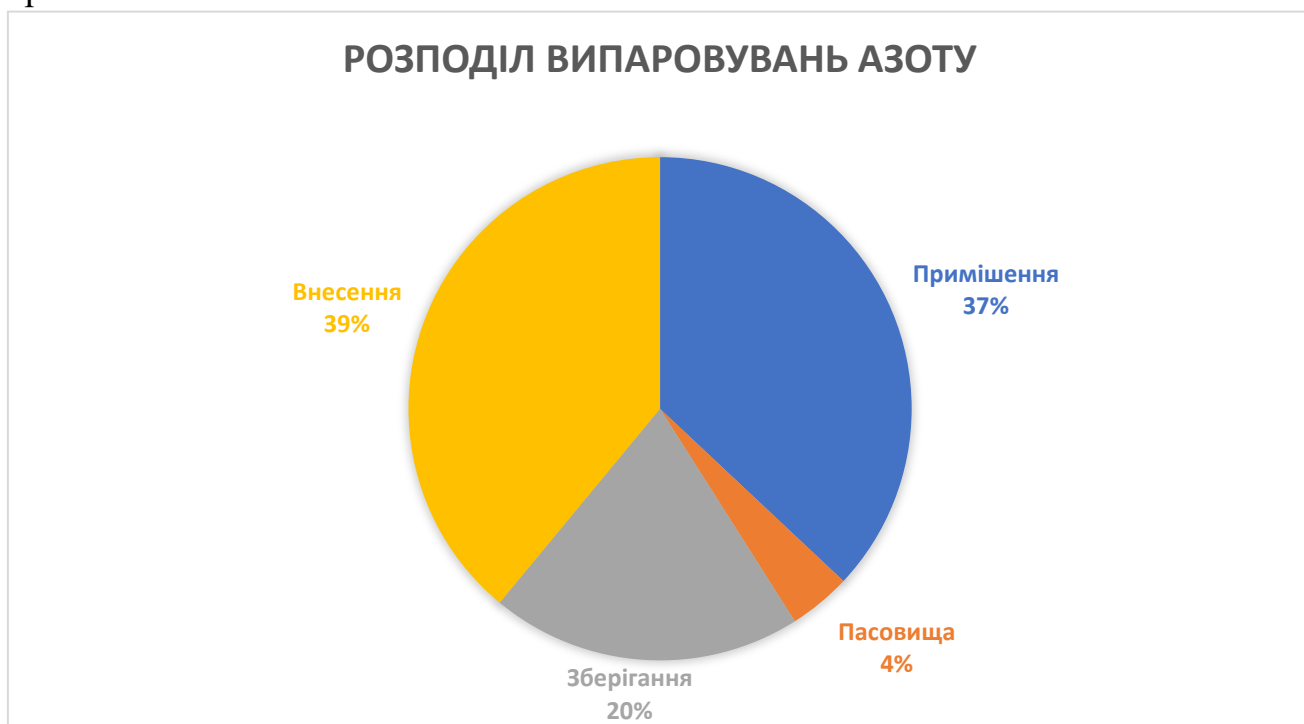


Рис.1.2 – Діаграма розподілу випаровувань азоту

Для кожної погодно-грунтової зони України існує встановлений ідеальний обсяг використання свинячого гною. Це зумовлено різницею в вмісті гумусу між різними типами ґрунтів, їхніми фізико-хімічними властивостями, пористістю та здатністю утримувати вологу.

Таблиця 3 – Оптимальні дози внесення свинячого гною

Культура	Норма, т/га
Озимі зернові	60-80
Кукурудза, соняшник	80-100
Багаторічні трави	80

Для того, щоб максимально ефективно використати поживні властивості свинячого гною, його рекомендується вносити безпосередньо перед початком періоду активного росту рослин, коли вони найбільш інтенсивно споживають поживні речовини.

Важливо підкреслити, що для досягнення оптимального результату від використання свинячого гною (та інших видів органічних добрив) критично важливо провести аналіз органічної маси та ґрунту. По-перше, це дозволить вам зрозуміти, яка кількість поживних речовин міститься в гної саме на вашому господарстві. По-друге, на основі результатів аналізу ґрунту можна буде визначити потрібну кількість гною для внесення на поля.

1.4. Загальна інформація про технології

Компостування є процесом біологічного окиснення з виділенням тепла, під час якого органічні матеріали розкладаються за допомогою аеробних мікроорганізмів у контрольованих умовах температури та вологості. Кінцевий продукт, компост, є важливим як органічне добриво, сприяючи покращенню структури ґрунту.

Існує низка методів обробки гною для його подальшого використання, включаючи анаеробне ферментування для виробництва біогазу, а також аеробну біотермічну ферментацію в стаціонарних ферментаторах чи на купах. Більшість цих методів вимагають значних інвестицій, а використовуване обладнання характеризується великим споживанням металу та енергії, що робить процес економічно менш вигідним. Тому аеробне компостування на купах стає майже єдиним варіантом, який можливий для реалізації в реальних умовах.

Ця методика дозволяє створювати високоякісне добриво без насіння бур'янів, що може прорости, без личинок паразитів і без необхідності застосування пестицидів. Ключовими аспектами, що визначають температурні умови та інтенсивність біотермічного процесу в процесі компостування органічних відходів, є однорідність сировини та її насичення киснем. В контексті різноманітності аграрної діяльності та з огляду на економічну ефективність, особлива увага приділяється польовій технології виготовлення компосту. Основні етапи цієї технології включають транспортування основних інгредієнтів (гній, солома, мінеральні добрива), їх вимірювану подачу, перемішування та утворення купи відповідних розмірів.



Рис.1.2 - Варіації класичних технологічних схем, очищення, зберігання та утилізації гною та фермах.

Площинний метод використовують для створення органомінеральних сумішей із задалегідь визначеними фізико-хімічними характеристиками. В цьому процесі на спеціально відведеній ділянці розміщують вологий матеріал,

формуючи з нього шар завтовшки 25-30 см. Далі, за допомогою розпилювачів вносять калійні або вапняні добавки, покривають їх шаром гною, при необхідності додають фосфоритне борошно і перемішують усе за допомогою важкої дискової борони. Отриману суміш згрібають бульдозером у валки шириною 4-6 м і висотою 3-3,5 м.

Перевагою цього методу є здатність створювати органомінеральну суміш із визначеними характеристиками, яка легко реалізується в умовах господарства. Основним недоліком є нерівномірний розподіл компонентів через відсутність спеціалізованого обладнання для забезпечення якості процесу. Плоскірний метод є найбільш доступним з усіх способів компостування, оскільки не потребує значних фінансових інвестицій.

Вибір конкретної схеми створення компосту залежить від місцевих умов, включаючи спосіб утримання худоби, відстань до удобрюваних полів, кількість доступного вологого матеріалу, наявність необхідного транспорту та обладнання.

Розробка інноваційних технологій і технічних засобів для виробництва органічних добрив та інших продуктів переробки органічної сировини є ключовим напрямком наукового забезпечення в рамках державної програми розвитку агропромислового комплексу. Покращення існуючих та розробка нових технологій є об'єктивною необхідністю для забезпечення ефективної роботи систем утилізації гною в умовах зростаючих екологічних та санітарних вимог, а також вимог безпеки праці. Зростаюча вартість ресурсів вимагає їх економного використання, що спонукає до відмови від застосування малоефективних методів або до їх модернізації.

1.5. Висновки

Компостування відіграє ключову роль у переробці органічних відходів, зокрема гною, в цінне органічне добриво, що сприяє покращенню структури ґрунту. Методи компостування охоплюють аеробну біотермічну ферментацію на купах та поверхневе компостування органомінеральних міксів.

В контексті складності аграрної діяльності та з метою економічної вигоди, польовий метод виготовлення компосту визнаний найбільш практичним і ефективним. Цей підхід передбачає транспортування вихідних матеріалів, точне дозування, змішування та створення валків визначеного обсягу. Площадковий метод виявляється найбільш доступним, адже не потребує значних інвестицій.

Проте, для ефективної роботи системи переробки гною, відповідності екологічним та санітарним стандартам, а також з огляду на економічну доцільність, важливим є неперервне удосконалення та інновація у сфері компостування. Це включає модернізацію наявних методик і розробку нових передових технологій та обладнання для виробництва органічних добрив.

Отже, виготовлення компосту та розробка високоефективних методів компостування стають ключовими елементами аграрного сектору, спрямованими на забезпечення його сталого розвитку.

2. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ

2.1. Основні відомості

Розробка технологічного процесу компостування гною є ключовим елементом ефективної стратегії управління відходами в агросекторі. Метод компостування представляє собою один з найбільш прийнятних з точки зору екології та економічності підходів до переробки органічних сільськогосподарських відходів, у цінний органічний добривний матеріал. Під час розробки технологічного ланцюга перетворення важливо врахувати низку ключових кроків. Передусім, критично важливим є створення адекватної системи збору та зберігання гною на території ферми. Це впливає на кінцеву якість і консистенцію компосту. Далі, слід уважно спланувати етапи відокремлення та міксування відходів для досягнення оптимального складу для компостування. Відповідне співвідношення вуглецю до азоту (C/N) є вирішальним для ефективного розкладання органічних компонентів і формування якісного компосту.

На наступному етапі необхідно забезпечити ідеальні умови для компостування, включаючи оптимальний рівень вологості, температури та доступу кисню. Використання спеціалізованого обладнання або відсіків із контрольованими параметрами може значно поліпшити процес. Регулювання цих параметрів сприяє активному розкладанню матеріалу, зменшенню ризику утворення небажаних запахів чи газів. Компостування передбачає також регулярне перемішування матеріалу для забезпечення рівномірного розкладу та вентиляції, що пришвидшує весь процес.

Не менш важливим є дотримання правил безпеки праці під час компостування, що включає контроль за викидами, запобігання випаровуванню шкідливих речовин та створення безпечних умов праці для персоналу. Враховуючи зазначені етапи, розробка технологічного процесу компосту гною

дозволяє ефективно управляти аграрними відходами, мінімізуючи вплив на навколишнє середовище. Отриманий в результаті якісний компост може слугувати високоефективним органічним добривом, сприяючи підвищенню родючості ґрунтів та врожайності, тим самим забезпечуючи стійкий розвиток сільського господарства.

Під час планування цього процесу також важливо враховувати систему контролю та моніторингу за ключовими параметрами компостування, що допоможе оцінити ефективність процесу та внести необхідні корективи. Дотримання встановлених норм та регуляцій щодо обробки органічних відходів допоможе уникнути юридичних порушень та сприятиме екологічно відповідальному підходу до господарювання. Врахування економічних аспектів, включно з оцінкою витрат та потенційних вигод від використання власного компосту, є невід'ємною частиною успішного проектування. Таким чином, розробка технологічного процесу компостування гною та посліду є комплексним завданням, яке вимагає інтегрованого підходу та врахування багатьох факторів, але яке водночас надає значні екологічні та економічні переваги.

У рамках планування технології компостування гною, слід враховувати різні можливі варіанти його використання. Компост можна застосовувати як органічне добриво для підживлення сільськогосподарських культур, у садівництві, ландшафтному дизайні та інших областях, де він вносить важливі поживні речовини у ґрунт та сприяє його поліпшенню, або його можна використовувати в біогазових установках для отримання біологічного палива. Враховуючи ці аспекти, можливо досягти ефективного використання відходів та забезпечити збалансований та екологічно відповідальний підхід до агрономії. Ключовим елементом проектування технологічного процесу є також аналіз та керування потенційними ризиками. Процедури збору та обробки органічних відходів можуть супроводжуватися певними загрозами, як-от небажані запахи, негативний вплив на довкілля або ризик розповсюдження хвороб серед тварин. Визначення та впровадження відповідних заходів безпеки може допомогти

уникнути потенційних проблем та забезпечити стабільність процесу компостування.

Крім того, важливо розглянути можливість інтеграції новітніх технологій та інновацій у процес компостування. Застосування автоматизованих систем моніторингу, впровадження заходів для підвищення енергоефективності, а також використання біологічних процесів та інших сучасних методів може значно покращити якість компостування та зробити процес більш ефективним. Враховуючи вище зазначені стратегії, проектування технологічного процесу компостування гною дозволить створити продуктивну та стійку систему обробки органічних відходів, що сприятиме збереженню екології, поліпшенню якості ґрунту та збільшенню урожайності, водночас відкриваючи шлях до циркулярної економіки в сільськогосподарському секторі.

2.2. Вихідні дані до проектування та розрахунку, зоотехнічні вимоги

Оскільки вологість свинячої гноївки може досягати 96%, [1] то рекомендується використовувати похилу щилинну. Завдяки цьому вдасться заощадити на системі видалення гною та підстилці (оскільки вони будуть відсутні) та зменшити час компостування, оскільки чистий гній компостується до 3 місяців, а присутність підстилки подовжує цей процес в 1,5-3 рази [2]. Надійність такої системи підтверджується [2].

Таблиця 2.1. Норми виходу екскрементів та їх вологість

Групи тварин	Вихід екскрементів та їх склад					
	Всього		у тому числі			
	Маса, кг	Вологість, %	Кал		Сеча	
			Маса, кг	Вологість, %	Маса, кг	Вологість, %
Кнури	11,1	89,4	3,8	75	7,24	97,0
Свиноматки:						
а) холості	8,8	90,0	2,46	73,8	6,34	97,5

б) супоросні	10,0	91,0	2,60	73,1	7,40	97,3
в) підсисні	15,3	90,1	4,30	73,1	11,00	96,8
Поросята віком:						
26-42 днів	0,4	90,0	0,10	70,0	0,30	96,7
43-60 днів	0,7	86,0	0,30	71,0	0,40	96,0
60-106 днів	1,8	86,1	0,70	71,4	1,10	96,3
Свині на відгодівню, масою						
до 70 кг	5,0	87,0	2,05	73,0	2,95	96,7
більше 70 кг	6,5	87,5	2,70	74,7	3,80	96,9

Таблиця 2.2. Кількість свиней по технологічним групам

Групи тварин		Поросята віком:	
Кнури	15	26-42 днів	1200
Свиноматки:		43-60 днів	1000
а) холості	45	60-106 днів	800
б) супоросні	150	Свині на відгодівню, масою	
в) підсисні	90	до 70 кг	2200
-	-	більше 70 кг	1150
Усього	300	Усього	6350

Додатково до вищезазначеного, потрібно врахувати також зоотехнічні аспекти компостування:

1. Бактеріологічна та фізична обробка: Для ефективного компостування підстилки з гноєм корів необхідна присутність бактерій, що сприяють розкладанню органіки. Окрім цього, потрібно забезпечити адекватну вентиляцію для підтримки процесу в аеробних умовах.

2. Регулювання вологості компосту: Ідеальний вміст води в підстилковому гної для компостування має бути в межах 40-60%. Зайва вологість може викликати небажані запахи та затримку в компостуванні, в той час як занадто мала кількість води сповільнює розкладання.

3. Температурні умови: Ефективне компостування відбувається при температурі 45-65°C, що стимулює активність мікроорганізмів і пришвидшує розкладання. Температура може підвищуватися через біологічну активність в купі або застосуванням технічних рішень, як-от перемішування або додаткове нагрівання.

4. Період компостування: Тривалість необхідна для повної обробки підстилкового гною може коливатися в залежності від обраних методів і умов, зазвичай варіюючись від декількох місяців до одного року. Важливо передбачити достатньо часу для отримання високоякісного компосту.

5. Безпека та санітарія: Процес компостування повинен відповідати нормам безпеки та санітарії. Застосування гігієнічних правил, включно з регулярним миттям рук, носінням захисного одягу та забезпеченням адекватної обробки компосту, є ключовим для здоров'я та безпеки процесу.

2.3. Відомі технології компостування та їх аналіз

Для перетворення підстилкового гною корів на компост використовуються різноманітні методики та технології. Нижче наведемо декілька прикладів:

1. Класичний метод компостування: Цей метод полягає в укладанні підстилки з гноєм у великі купи або відкриті компостні майданчики з добрим доступом повітря. Підстилку можна перемішувати за допомогою механізмів або вручну, аби забезпечити аеробні умови. Час, необхідний для компостування, залежить від розмірів купи та зовнішніх умов.

2. Компостування з системою провітрювання: Впровадження систем вентиляції дозволяє підтримувати неперервний потік повітря через компост,

використовуючи вентилятори, які подають повітря через трубопроводи чи спеціалізовані канали. Це покращує умови для аеробного розкладу та пришвидшує процес.

3. Компостери: Це спеціально розроблені ємності або системи, що створюють ідеальні умови для компостування, включаючи вбудовані системи провітрювання, контроль за температурою, автоматичне перемішування. Ці системи дозволяють ефективно управляти процесом компостування.

4. Термофільне компостування: Використання спеціальних установок, які підтримують високу температуру (понад 55°C), висока температура сприяє швидкому розкладу органічної маси і знищенню патогенів.

5. Ферментативне компостування: Додавання спеціальних ферментів або мікроорганізмів до підстилки, що забезпечує прискорення розкладу органічних речовин.

6. Компостування з виробництвом біогазу: Технологія анаеробного ферментування, яка дозволяє отримувати біогаз із гноївки, водночас переробляючи її в компост.

Під час вибору методу компостування необхідно враховувати такі аспекти, як розмір ферми, бюджет, доступність ресурсів, потреби в кінцевому продукті, технічні можливості, управління неприємними запахами та впливом на довкілля, а також необхідний часовий проміжок і робочі процедури. Розглянуті технології можуть бути адаптовані або комбіновані для досягнення оптимальних результатів.

2.4. Розрахунок основних параметрів

Визначимо загальний добовий вихід гноївки на свинофермі:

$$G_d = \sum m_i \cdot q_i, \quad (2.1)$$

де, m_i – поголів'я i -ої виробничої групи тварин, гол;

q_i - добова норма виділення екскрементів однією твариною, кг;

Користуючись таблицями 2.1 та 2.2. визначаємо, що добовий вихід гноївки дорівнює 24535 кг.

Розрахуємо об'єм гною, який збирається за добу:

$$V_r = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot G_D}{\gamma}, \quad (2.2)$$

де, k_1 – коефіцієнт, що враховує можливе потрапляння у систему інших видів стоків, $k_1 = 1,05$;

k_2 - коефіцієнт, що враховує сезонні коливання виділення гною, $k_2 = 1,05$;

γ – питома вага гною, $\gamma = 1030$ кг/м³ [4].

Підставимо необхідні дані в формулу (2.2):

$$V_r = \frac{1,05 \cdot 1,05 \cdot 24535}{1030} = 26,3 \text{ м}^3$$

Гній в накопичувачі має зберігатися не більше 14 днів, оскільки після цього почнеться бродіння. Прийmemo час накопичення $t_{\text{нак}} = 10$ днів. Тоді загальний об'єм який має мати накопичувач становить:

$$V_{\text{заг}} = V_r \cdot t_{\text{нак}} = 26,3 \cdot 10 = 263 \text{ м}^3$$

Оскільки на фермі присутня біогазова установка, то вся гноївка буде йти туди. Відомо, що при термофільному режимі рекомендований обсяг добового завантаження $D=14\%$ [5] (за умови, що вологість маси до $W=93\%$). Можемо визначити час перебування маси в реакторі [5]:

$$t = \frac{1}{D} = \frac{1}{0,14} \approx 7 \text{ діб} \quad (2.3)$$

Тоді можемо розрахувати і обчислити необхідний об'єм, переробку якого мають забезпечувати реактори:

$$V_p' = V_r \cdot t = 263 \cdot 7 = 1841 \text{ м}^3 \quad (2.4)$$

Проте, варто врахувати, що під час нагрівання об'єм збільшується. Тож визначимо температурне розширення гнойової маси:

$$\Delta V_p = \beta \cdot V_p' \cdot \Delta t, \quad (2.5)$$

де β - коефіцієнт температурного розширення, для побутових стоків, $\beta = 0.00015^\circ\text{C}^{-1}$;

Δt – зміна температури маси, під час його нагрівання від 5 до 54 °C (49 °C)

Маючи всі дані підставимо їх в формулу (2.5)

$$\Delta V_p = 0,00015 \cdot 1841 \cdot 49 = 14 \text{ м}^3$$

Також, частина об'єму реактора буде зайнята обладнанням та трубами, крім того, маємо передбачити якийсь резерв об'єму реактора $\varphi_{\text{заг}} = 0,7 \dots 0,8$. Можемо визначити остаточний об'єм колодязя:

$$V_p = \frac{V_p' + \Delta V_p}{\varphi_{\text{заг}}} = \frac{1841 + 14}{0,8} = 2319 \text{ м}^3 \quad (2.6)$$

Визначимо потужність насоса, що забезпечить відкачування заданого об'єму гною за наступною формулою:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma \cdot g}{\eta}, \quad (2.7)$$

де, Q – величина об'ємного потоку, ($\text{м}^3/\text{с}$);

H – напір, який має забезпечувати насос, (м);

g – величина прискорення вільного падіння ($\text{м}/\text{с}^2$);

η – ККД насосу;

Величину напору приймаємо 10 м, що забезпечить всі необхідні вимоги. Величина g , як відомо, становить $9,81 \text{ м}/\text{с}^2$. Згідно з [7] ККД більшості насосів знаходиться в межах 0,75-0,85, приймаємо $\eta = 0,8$. Визначимо величину

об'ємного потоку, з врахуванням того, що час за який відбувається перекачування не має перевищувати доби (24 години), отже:

$$Q = \frac{V_{max}}{86400} = \frac{2319}{86400} = 0,027 \frac{м^3}{с} = 97,2 \frac{м^3}{год} \quad (2.8)$$

Отримавши всі необхідні значення підставляємо їх в формулу (2.7):

$$P = \frac{0,027 \cdot 10 \cdot 1030 \cdot 9,81}{0,8} = 3410 \text{ Вт}$$

Згідно з отриманою величиною об'ємного потоку та потужністю обираємо насос GMVP 200/085 ($Q = 115 \text{ м}^3/\text{год}$, $P = 4 \text{ кВт}$, $n = 1450 \text{ хв}^{-1}$). [7]

2.5. Проектування технологічної схеми

Технологічна схема складається з свинарника 1 під яким знаходиться ванна для збирання гною. З ванни гноївка самоплином тече до накопичувача 2, який збирає гній з усієї ферми.

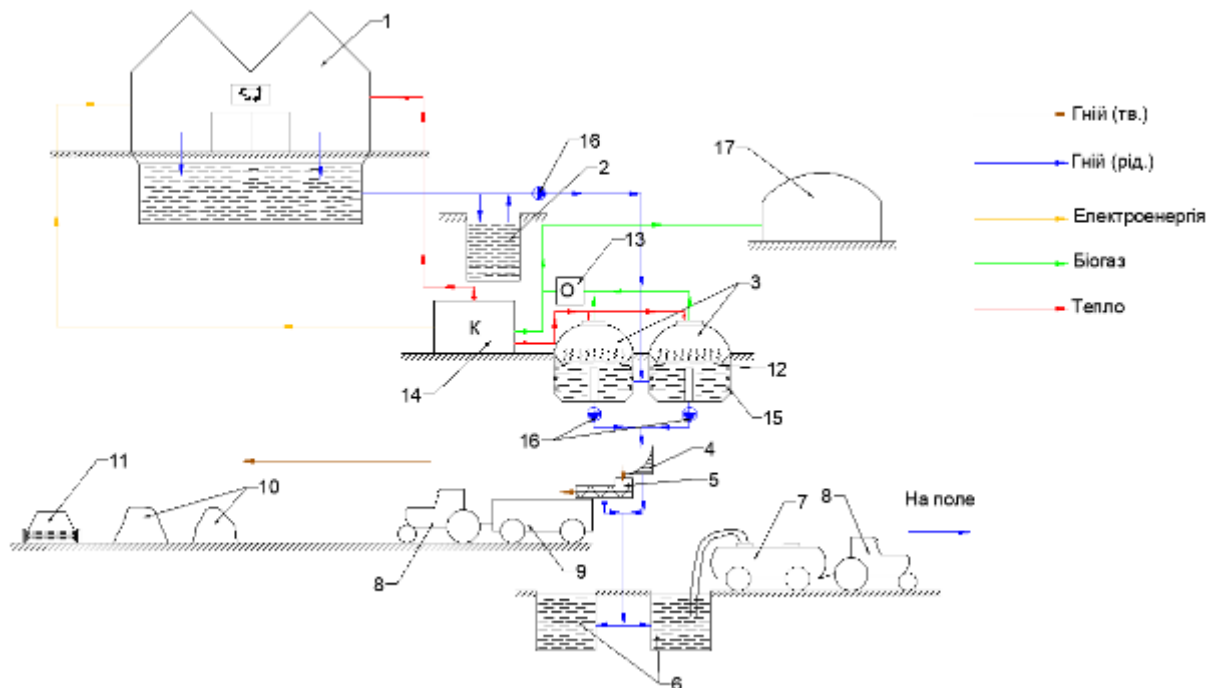


Рисунок 2.1 - Технологічна схема: 1 – свинарник; 2 – накопичувач; 3 – газові реактори; 4 – дугове сито; 5 – прес-сепаратор 1Т-ВПО-20А; 6 – лагуни; 7 – бак(опрыскувач); 8 – трактор; 9 – причеп; 10 – бурти; 11 – аератор-змішувач; 12 – рідинний аератор; 13 - оисушувач; 14 – когенератор; 15 – нагрівні елементи; 16 – насос GMVP 200/085; 17 – газосховище.

Далі насос 16 GMVP 200/085 перекачує зібраний гній до реакторів 3. Для покращення хімічного складу газу та його кількості може бути додана підстилка, оскільки в нас вона відсутня, то може бути додана звичайна солома. Реактори мають нагріватися нагріваючими елементами 15 до певної температури та підтримувати певний температурний режим, для зменшення витрат реактори будують частково під землею. Гноївка в реакторі перемішується рідинним аератором 12. Після завершення процесу генерації газу, гноївку насосом 16 пропускають через дугове сито 4 (яке більш детально зображено на Рисунок 2.2), завдяки чому відокремлюється мокра та тверда фракції гною. Після проходження через сито 4 рідкий гній зливається в лагуни 6, де він певний час настоюється (для пришвидшення процесу також можна використовувати рідинний аератор). Після цього цей гній можна використовувати в якості добрива або утилізувати безпечним шляхом.

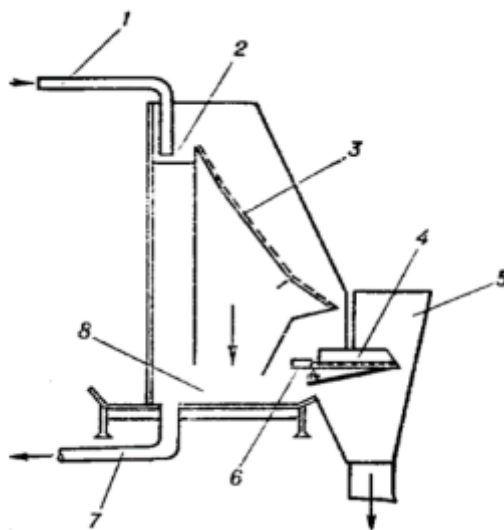


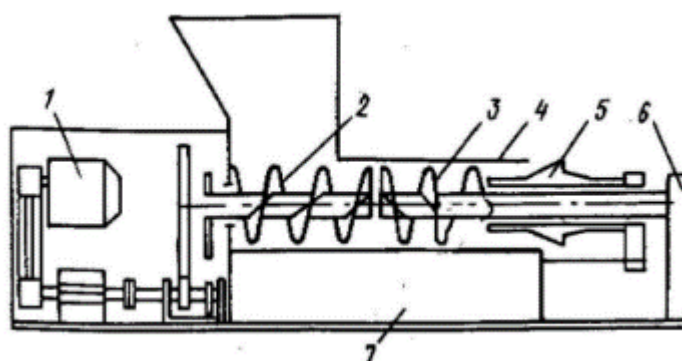
Рисунок 2.2 - Дугове сито з зневодненням твердої фракції гною: 1 – подавальний трубопровід; 2 – водорозподільний лоток; 3 – похила перфорована поверхня; 4 – поворотна полиця; 5 – приймач твердої фракції; 6 – противага; 7 – відвідний трубопровід рідкої фракції; 8 - приймач фільтрату.

Після того, як дуговим ситом 4 було відокремлено рідку фракцію від твердої, тверда фракція поступає в прес-сепаратор 5 (який більш детально зображено на Рисунок 2.3), який вичавлює залишки рідини (вичавлену рідину, додають до рідкого гною, який проходить процес, що описувався в минулому

абзаці). З прес-сепаратору гній випадає в причеп 9 та транспортується до майданчика гноєсховища, де гній компостується в буртах 10. Далі за допомогою вдосконаленого аератора 11 компост перемішують, насичують киснем та поживними речовинами. Після завершення процесу компостування, готовий компост можна використовувати в якості добрива.

Після того, як біогаз вийшов з реакторів 3 він направляється в висушувач 13, який видаляє з нього зайву вологу. Після висушувача 13 газ направляється в когенератор 14. Пристрій генерує електроенергію та тепло, які можна використовувати в господарстві. Під час теплої пори року, підприємству не потрібна велика кількість тепла, а отже і газу. Невикористаний газ має бути направлений в газосховище для використання під час холодної пори року.

Рисунок 2.3 - Схема преса-сепаратор 1Т-ВПО-20А: 1 – електропривод; 2 –



подавальний шнек; 3 – пресуючий шнек; 4 – перфорований циліндр; 5 – піджимний конус; 6 – гідропривод піджимного конуса; 7 – кожух.

2.6. Висновок

В цьому розділі нами було прийнято вихідні дані для подальших розрахунків, а саме кількість свиней (загалом 6650 голів) та норми виділення гною для кожної технологічної групи. Визначено загальний добовий вихід гноївки, він складає 24535 кг (26,3 м³). Крім того було обрано насос GMVP 200/085 за потужністю (3,4 кВт) та об'ємним потоком (0,027 м³/с). Також було розроблено технологічну схему, наведено приклад дугового сита та обрано прес-сепаратор 1Т-ВПО-20А.

3. ПОКРАЩЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ АЕРАТОРА КОМПОСТУ

3.1. Актуальність питання

Покращення конструкції аератора компосту з метою зниження споживання енергетичних ресурсів є важливим з кількох причин:

Зниження енергоспоживання: Сучасні аератори для компостування часто потребують великої кількості енергії для своєї роботи, особливо протягом довгих періодів. Розробка більш ефективних за енергоспоживанням аераторів може істотно зменшити витрати на електрику чи паливо.

Екологічні переваги: Зниження використання енергії сприятиме зменшенню обсягів викидів CO₂ та інших забруднювачів у повітря, що відіграє ключову роль у захисті довкілля та боротьбі зі зміною клімату.

Економічна ефективність: Зменшення витрат на енергію допоможе знизити експлуатаційні витрати на аератори для компосту, що має особливе значення для аграрних підприємств та організацій, що масштабно виробляють компост.

Підвищення ефективності: Оптимізовані аератори забезпечують краще перемішування та аерацію компосту, що пришвидшує процес розкладання і дозволяє отримати високоякісний компост у коротші терміни.

Інноваційні розробки: Поліпшення аераторів може передбачати застосування новітніх інновацій, наприклад, використання відновлювальних джерел енергії, автоматизовані системи контролю або впровадження енергоефективних матеріалів.

3.2. Патентний аналіз відомих винаходів

Патент SU2352093C1 «Машина для приготування компостів»

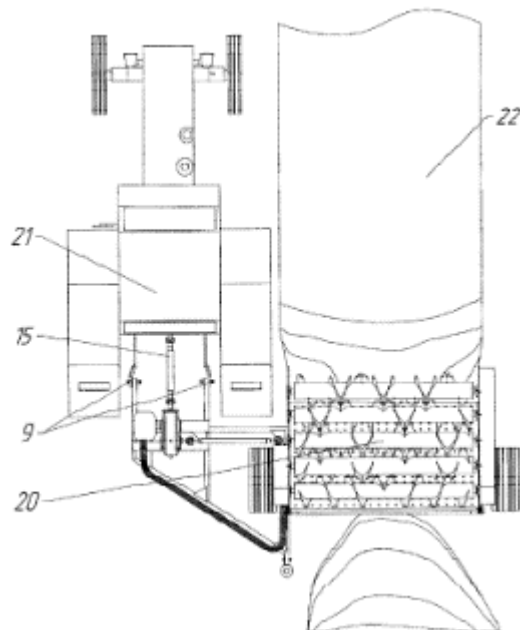


Рисунок 3.1 - Загальний вид: 9 – зчіпка; 15 – карданний вал; 20 – вдосконалена машина; 21 – трактор; 22 – бурт.

Метою винаходу є поліпшення процесу приготування компостів за рахунок підвищення ефективності аерації.

Поставлена мета досягається тим, що машина для приготування компостів, що містить живильник, виконаний у вигляді щонайменше чотирьох барабанів-подрібнювачів із лопатями у формі сегментів пилкоподібної стрічки та що мають горизонтальну вісь обертання, пристосування для метання, виконане у вигляді вигляді щонайменше одного барабана-прискорювача з гвинтовим навиванням пилкоподібної стрічки, що сходиться до центру навивкою пилкоподібної стрічки, що сходиться до центру і має горизонтальну вісь обертання, встановлених за допомогою підшипникових опор на бічних стійках, змонтованих похило до горизонту на рамі, що являє собою сталеву зварену конструкцію, що містить опорні колеса і пристрої зчеплення з трактором у робочому і транспортному положеннях, під барабанами-подрібнювачами і барабаном-прискорювачем на деякій відстані розташовується подвійне дно, до якого за допомогою гофр-шланга під'єднано напірний вентилятор.

Підвищення ефективності аерації в процесі приготування компостів досягається шляхом механічного подрібнення та перемішування компостної суміші за допомогою барабанів-подрібнювачів, збагачення суміші повітрям за допомогою нагнітання його напірним вентилятором через гофр-шланг у порожнину подвійного дна і розпилення його через верхню перфоровану площину, а також формування рівномірного насипу під час вивантаження компостної суміші барабаном-прискорювачем.

Патент US3369797A «Машина для формування валків та перевертання компосту» [6]

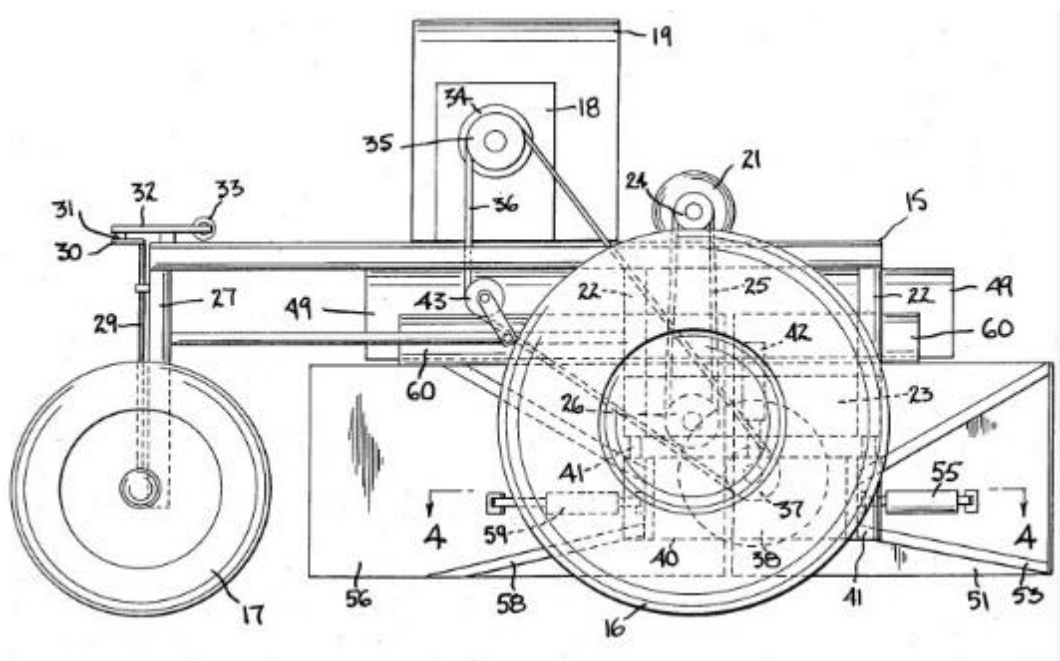


Рисунок 3.2 - Вид збоку вдосконаленого пристрою: 15 – задній кінець рами; 16 – колесо; 18 – двигун; 19 – додаткова силова установка; 21 – енергопередавальна вісь; 22,27 – стійки; 23,38 – цапфа; 24,26 – зірочка; 25 – приводний ланцюг; 29 – штанга; 30 – верхні кривошипи; 31 – стяжка; 32 – важіль; 33 – шток гідроциліндра; 34 – вал відбору потужності; 35,37 – зірочки; 36 – передаточний ланцюг; 38 – барабан; 40 – опорний вузол; 42 – гідроциліндр подвійної дії; 43 – підпружинена натяжна зірочка; 44 – радіальні зуби; 51,56 – крила; 53 – розтяжка; 55,59 – гідравлічний циліндр; 58 – розкіс;

Основною метою цього винаходу є створення пристрою для періодичного перевертання компостних буртів, який є самохідним і має покращені характеристики розділення компосту.

Коли машина знаходиться позаду вантажівки, кузов самоскида піднімається в положення розвантаження, і вантажівка повільно рухається вперед, а машина наближається слідує за автомобілем. Викинута сировина потрапляє в завантажувальну горловину пристрою і захоплюється барабаном 38, що швидко обертається, під час руху пристрою.

Ріжучі, ударні та кидальні кромки і поверхні на барабані розбивають і фрагментують масу компостного матеріалу і викидають його вгору і назад через конічну розвантажувальну горловину апарату. Описана раніше лівостороння схема розташування зубців 44 доповнюється спрямованим нахилом металевих поверхонь 45 для спрямування фрагментованої маси компосту вгору і вниз. Фрагментований матеріал виходить з пристрою через конічну розвантажувальну горловину і укладається у вигляді безперервного валка, ширина валка може бути значною мірою задана відстанню між слідоутворюючими частинами задніх крил 56, які можна регулювати за допомогою гідроциліндра 59.

Висота валка визначається швидкістю руху апарату по поверхні і, звичайно, не може бути більшою, ніж висота підйому апарату, яка визначається висотою підйому апарату, яка визначається висотою або рівнем верхнього щитка 49. Цей метод роботи продовжується у вигляді послідовних вантажних автомобілів, що доставляють сирий компостний матеріал. Таким чином, маса доставленого матеріалу фрагментується і укладається в рівномірний валок безперервної довжини.

Якщо ділянка землі дуже нерівна або якщо вона рясно посипана виступаючими каменями або валунами які можуть пошкодити зубці 44 барабана, то гідроциліндр 42 може бути приведений в дію для підйому барабан 38 і одночасно з ним крила 51 і 56 на вибрану відстань над поверхнею землі, так щоб

уникнути перешкод і травмування апарата. Барабан і крила барабан також можуть бути підняті в неробоче положення, коли бажано просто перемістити пристрій з одного місця на інше, не використовуючи його функцію перевертання компосту і формування валків. Після того, як сира компостна маса була фрагментована і у валки, як описано вище, необхідно періодично перевертати компост, наприклад, один або два рази на тиждень, протягом, протягом часу, необхідного для повного розкладання маси. Для того, щоб підтримувати компактність маси, яка сприяє дії бактерій і швидкому розкладанню, бажано, щоб валки були компактними. З метою подальшого перевертання маси і подальшого формування валка після початкового внесення матеріалу, апарат розміщують в положення на кінці валка таким чином, щоб перекривати його. Бажана відстань між крилами 51 і крилами 56 вибирається шляхом приведення в дію гідравлічних циліндрів 55 і 59 відповідно, з метою зменшення ширини укладеного валка і, при бажанні, також збільшення його висоти. Оператор змушує апарат рухатися вперед і слідувати за валком, при цьому ротаційний барабан 38 знову обертається і фрагментує компостний матеріал і вивантажує його назовні.

Швидкості вибираються оператором апарата на основі його суджень щодо отриманих експериментальних результатів. Вони можуть змінюватися в залежності від складу компостної маси, її конкретної стадії розкладання або кліматичних умов. Така ж процедура виконується на всіх інших валках компостної маси, що переробляються. Після першого перевертання валка компостної маси, як описано вище, процес послідовно повторюють через певний проміжок часу, так що компост знову перевертається, а ширина компостної скиби збільшується.

Таким чином, при періодичному використанні апарату на валках, обробка валків компосту завершується, і сировина розкладається до товарного вигляду.

3.3. Суть вдосконалення

Метою вдосконалення є створення аератора компосту, де завдяки унікальному розміщенню робочих елементів на обертовому фрезерному барабані, забезпечується ефективне перемішування компосту, його насичення киснем і формування в насипи.

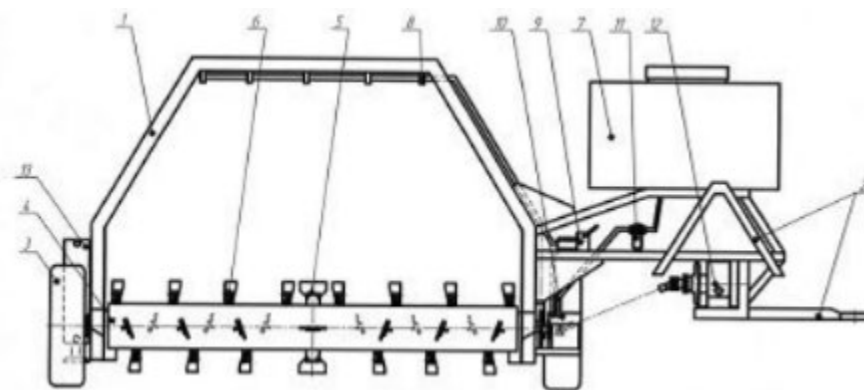


Рисунок 3.3 - Загальний вигляд аератора:

1 – рама; 2 – націпний пристрій; 3 – опорні колеса; 4 – обертальний барабан; 5,6 – плоскі лопаті; 7 – ємність для рідини; 8 – розпилювачі; 9 – розподільник; 10 – насос; 11 – фільтр; 12 – редуктор; 13 – гідродомкрат; 14 – гвинтові вали.

Цю задачу вирішено за допомогою аератора компосту, що включає раму, що може бути приєднана до джерела енергії, на якій розміщений фрезерний барабан із робочими елементами, приводом від джерела енергії та опорними колесами, які також розміщені на рамі. Відповідно до корисної моделі, робочі елементи на фрезерному барабані представлені у формі плоских лопатей. Лопаті, що розташовані в центрі барабана, встановлені в площинах, які є тангенціальними до осі барабана. Тим часом, лопаті по боках від центра розташовані радіально, уздовж зустрічних гвинтових ліній, з кутом атаки від 20 до 45 градусів. Крім того, змішувач-аератор компосту оснащений системою зволоження та інокуляції, що включає контейнер для рідинних компонентів, розпилювачі та насос, налаштований на синхронізацію подачі рідких компонентів із швидкістю обертання фрезерного барабана. Рама змішувача-аератора розроблена так, що дозволяє регулювати відстань між робочими елементами фрезерного барабана та опорною поверхнею.

Реалізація конструкції робочих елементів у формі плоских лопатей, розташованих у центральній частині фрезерного обертового барабана та орієнтованих у тангенціальних площинах відносно його осі, забезпечує ефективну аерацію та створення буртів. Також, лопаті, розміщені по краях від центру барабана та встановлені радіально у взаємно протилежних спіральних лініях із кутом нахилу $20-45^\circ$, гарантують високоякісне перемішування компосту і його насичення повітрям. Вибір кута нахилу в межах $20-45^\circ$ оптимізує процес змішування з точки зору якості та енергоспоживання. Зміна кута нахилу за межі цього діапазону призводить до зниження якості перемішування чи порушення процесу створення буртів, а також спричинює збільшене навантаження на джерело енергії та робочі елементи барабана.

Забезпечення змішувача-аератора компосту додатковим обладнанням для зволоження та інокуляції, що складається з контейнера для рідин, розпилювачів та насоса, налаштованого на одночасну роботу з обертанням фрезерного барабана, забезпечить ефективне зволоження та внесення біологічно активних речовин у сухий компост. Це сприятиме посиленню біотермічних реакцій і прискорить процес зрілості компосту.

Виконання рами з регулюванням відстані між робочими елементами фрезерного барабана та опорною площиною (кліренсу) дозволить адаптувати процес формування буртів компосту до різноманітності земельних поверхонь, забезпечуючи ефективне укладання незалежно від особливостей місцевості.

Компостний змішувач-аератор складається з рами 1, яка може бути з'єднана з джерелом енергії 2. На цій рамі 1 розміщені опорні колеса 3 та фрезерний обертовий барабан 4 з робочими елементами. Робочі елементи на барабані 4 представлені у формі плоских лопаток 5 і 6, де лопатки 5 знаходяться у центральній частині барабана 4, розташовані у тангенційних площинах до його осі, а лопатки 6 розміщені по краях барабана 4 і встановлені радіально уздовж спіральних ліній, що перетинаються, з кутом нахилу від 20 до 45 градусів. Оснащений системою для зволоження та інокуляції компосту, змішувач-аератор

включає контейнер 7 для рідких компонентів, розпилювачі 8, дозатор 9 та насос 10 на рамі 1, розроблений для синхронізації подачі води чи інших рідких компонентів зі швидкістю обертання барабана 4, а також фільтр 11. Барабан 4 приводиться в дію через редуктор 12 від джерела енергії 2. Регулювання положення опорних коліс 3 виконується за допомогою гідродомкрата 13. Рама 1 дозволяє регулювати відстань між робочими елементами барабана 4 та опорною поверхнею за допомогою гвинтових валів 14.

Перед тим як розпочати перекидання, компостний матеріал проходить лабораторне тестування для визначення його вологості та концентрації макро- та мікроелементів. Для підготовки змішувача-аератора до роботи, його спочатку переміщують у робочу позицію. Оператор, використовуючи гідродомкрат 13, піднімає обладнання, щоб налаштувати положення опорних коліс 3. Потім джерело енергії 2 налаштовується на роботу, з'єднуючись з ВВП і карданним валом, після чого змішувач-аератор наближається до купи компосту. За допомогою гвинтових валів 14 регулюється висота між робочими елементами фрезерного барабана 4 і землею, виходячи з особливостей рельєфу. Запускаючи привід ВВП на потрібній швидкості, змішувач-аератор починає рух вздовж купи компосту. Під час роботи плоскі лопаті 6 забирають компостний матеріал, переміщуючи його до середини фрезерного барабана 4, в той час як плоскі лопаті 5 перекидають матеріал за барабан, утворюючи нову купу.

У випадку, коли в компості спостерігається низька вологість або вміст поживних речовин є недостатнім, активізується система зволоження та інокуляції компосту. Для цього контейнер 7 заповнюється потрібним розчином для внесення. Потім дозатор 9 переводять у відповідне становище для змішування рідинних компонентів, після чого шляхом перемикавання дозатора 9 активуються розпилювачі 8. Вони розташовані так, щоб впорскування розчину відбувалося безпосередньо у розпушений компост під час його переміщення, що забезпечує ретельне та рівномірне зволоження компостної маси.

3.4. Розрахунок геометричних характеристик аератора

Встановимо оптимальні геометричні характеристики фрезерно-барabanного робочого органу (його довжину та діаметр), враховуючи зазначені вище вимоги. Довжина L робочого органу аератора має бути не меншою за ширину бурта.

Розміри та форма бурта, зокрема його висота H , також впливають на вибір діаметру D фрезерно-барabanного робочого органу, проте для оптимізації діаметр слід обрати максимально допустимий. Враховуючи, що площа поперечного перерізу краю має бути еквівалентною або не перевищувати площу фронтальної взаємодії робочого органу з матеріалом, будемо вважати, що залежність між діаметром D і висотою H краю має відповідати умові $D < H/2$. Згідно з даними [2], найкраще компостування досягається при співвідношенні діаметра самого барабана до діаметра ріжучих кромek у діапазоні від 0,4 до 0,6. Для розрахунку геометричних параметрів аератора приймемо це співвідношення за $k = 0,5$. Таким чином, внутрішній діаметр буде $d = 0,5D$.

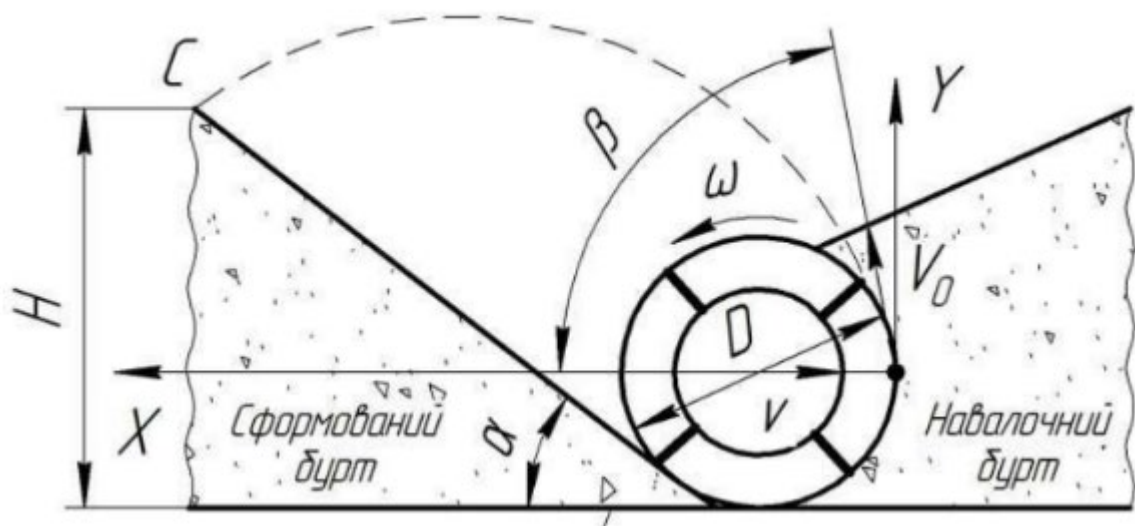


Рисунок 3.4 - Кінематична схема взаємодії фрезерно-барabanного виконавчого органу аератора з матеріалом.

При розрахунку кінематичних характеристик фрезерно-барabanного виконавчого органу аератора розробимо розрахункову схему (Рисунок 3.4).

Частина матеріалу залишає лопать із початковою швидкістю польоту V_0 під кутом β до горизонту. Важливо, щоб вона потрапила в точку С. Якщо вона пройде вище точки С, це призведе до збільшених витрат енергії, а якщо нижче – до взаємодії лопатей барабана з вже сформованим краєм, що також спричинить збільшення витрат енергії.

Запишемо рівняння руху частинки матеріалу (компосту)

$$x = V_0 t \cdot \cos(\beta), \quad (3.1)$$

$$y = V_0 t \cdot \sin(\beta) - \frac{1}{2} g t^2 \quad (3.2)$$

У момент, коли частка матеріалу досягає точки С, вона долає відстань $H \cdot \operatorname{tg}(\alpha) + \frac{D}{2}$, де $\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{2H}{b}\right)$ – кут природного ухилу компосту). В цей момент частка знаходиться на висоті $H - D$ відносно початку координат, отже:

$$x = H \cdot \operatorname{tg}(\alpha) + \frac{D}{2}, \quad (3.4)$$

$$y = H - D. \quad (3.5)$$

Розв'язуємо систему рівнянь відносно V_0 , маємо:

$$V_0^2 = \sqrt{\frac{2g \cdot H \cdot \operatorname{tg}(\alpha) + gD}{2\cos^2\beta - 1}} = \sqrt{\frac{94,52}{3,176}} = 5,45 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (3.6)$$

Найменша початкова швидкість руху частинки буде, якщо $\beta = 60^\circ$.

Для забезпечення однакових умов різання в усіх частинах леза та запобігання забиванню ножів, необхідно підтримувати сталий кут ковзання τ , який має дорівнювати або перевищувати кут тертя f :

$$\tau \geq f \quad (3.7)$$

де,

$$\tau = \frac{\pi}{2} - \varepsilon_0. \quad (3.8)$$

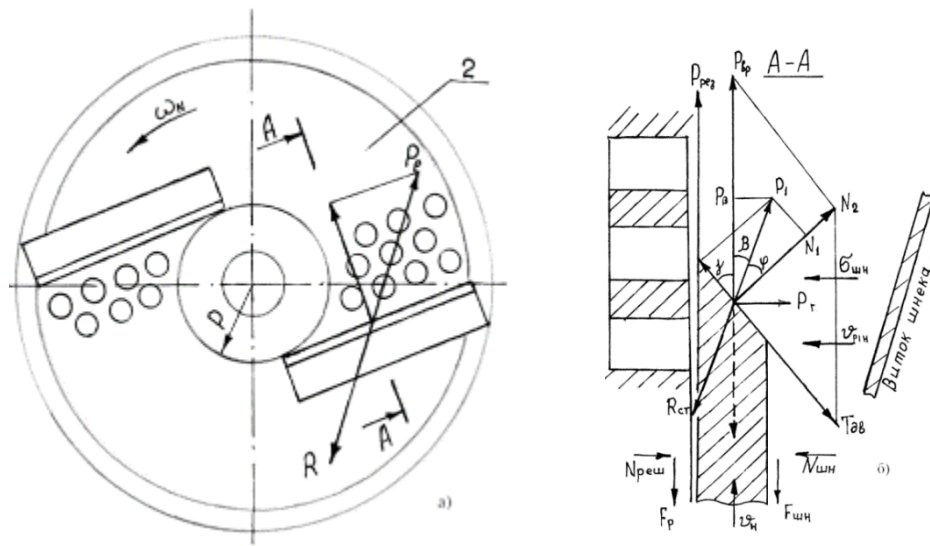


Рисунок 3.5 - Схема дії сил на лопать: а – в площині обертання; 1 – лопать; 2 – решітка; б – вид А-А (площина потоку).

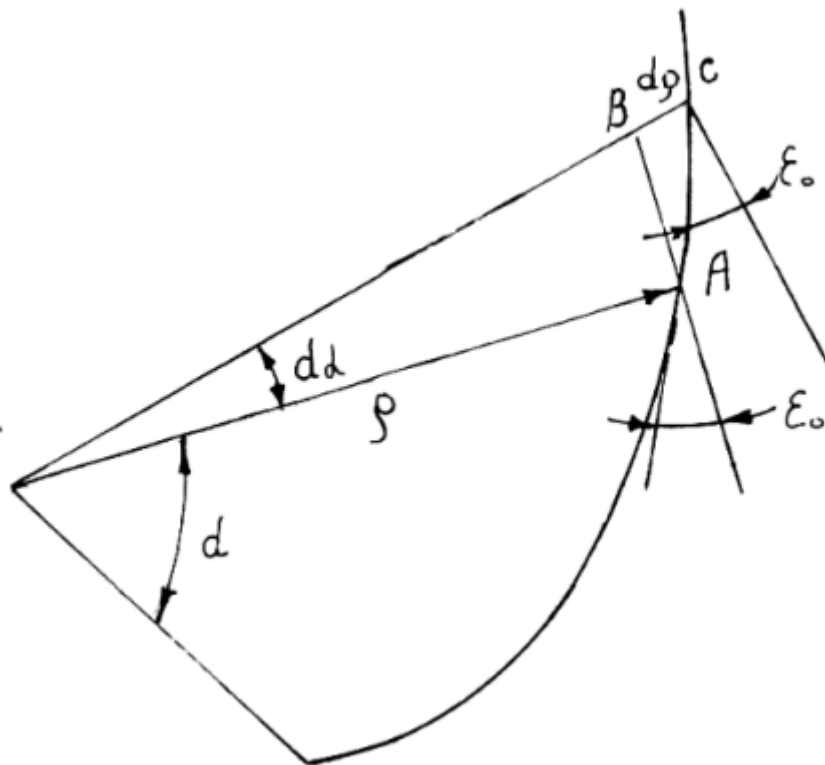


Рисунок 3.6 - Схема лопаті з постійним кутом ковзання.

Отже, ми маркуємо лінію леза таким чином, щоб кут ϵ_0 між дотичною до цієї лінії в будь-якій точці та перпендикуляром до радіусу обертання цієї точки був однаковим усюди (Рис.3.5)

Кут ϵ_0 обираємо з умови ковзального різання. З Рис.3.5. маємо:

$$(3.9)$$

$$\frac{BC}{AB} = \operatorname{tg} \varepsilon_0 \text{ (тут } \operatorname{tg} \varepsilon_0 \geq f);$$

$$AB = \rho \cdot d\alpha; \quad DC = \rho + d\rho. \quad (3.10)$$

$$\operatorname{tg} \varepsilon_0 = \frac{\alpha \cdot \rho}{\rho \cdot d\alpha} \quad (3.11)$$

$$\alpha = \frac{d\rho}{\operatorname{tg} \varepsilon_0} \quad (3.12)$$

Після інтегрування маємо:

$$\alpha = \frac{l_n \cdot \rho}{\operatorname{tg} \varepsilon_0} + C \quad (3.13)$$

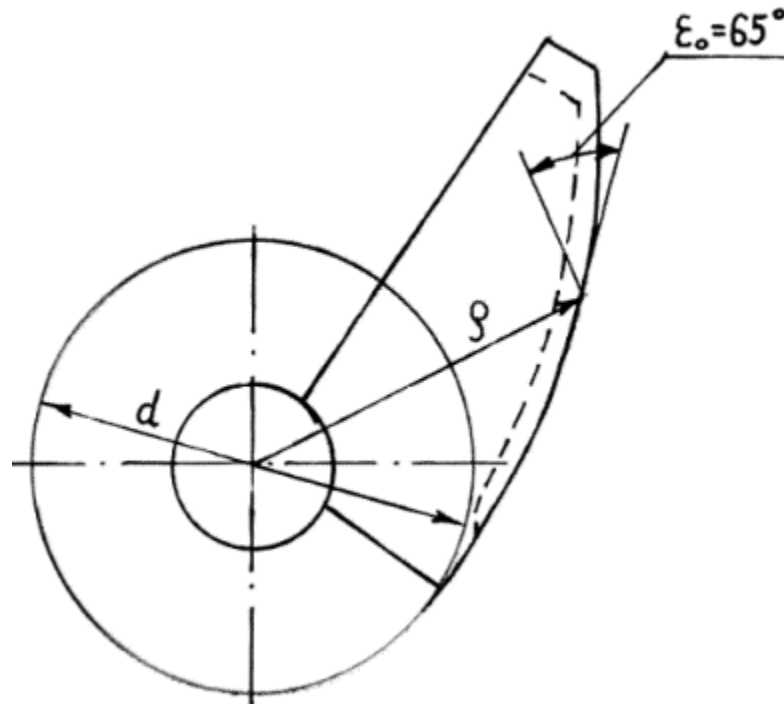


Рисунок 3.7 - Схематичне зображення лопаті

При $\alpha = 0$ стала інтегрування матиме вигляд:

$$C = -l_n \cdot \rho_0 \quad (3.14)$$

Підставляємо C в рівняння (3.13), тоді:

$$(3.15)$$

$$\alpha = \frac{l_n \cdot \rho}{tg \varepsilon_0} - l_n \cdot \rho_0$$

Тоді:

$$\rho_i = \rho_0 \cdot \exp(\alpha \cdot tg \varepsilon_0) \quad (3.16)$$

де, ρ_0 – першочерговий розмір радіуса фланця, до якого прикріпляються ножі. Враховуючи проведені раніше розрахунки, приймаємо:

$$\rho_0 = 25 \text{ мм}; \quad \varepsilon_0 = 65^\circ$$

Якщо підставити ці значення в вираз, то отримаємо форму леза ножа.

При $\alpha = 10^\circ$ ($\alpha = 0,174$ рад):

$$\rho_{10} = 25 \cdot e^{0,174 \cdot 1,134} = 30,5 \text{ мм.}$$

Так само ми визначаємо величину радіуса для різних значень α та створюємо логарифмічну криву, що слугує основою для виготовлення шаблону. За цим шаблоном потім можна виробляти ножі заданої форми. Встановлюють ножі на шпонках угорі та внизу решітки, зміщуючи їх на 90 градусів один відносно одного.

3.5. Визначення кінематичних та силових параметрів

Обчислимо кінематичні характеристики аератора (обертову швидкість виконавчого органу, швидкість переміщення аератора) з метою оптимізації ефективності роботи обладнання та зниження витрат на енергію.

Оскільки швидкість, з якою частинка виходить, відповідає периферійній швидкості фрезерного-барabanного виконавчого органу, розрахуємо його обертову швидкість:

$$\omega = \frac{2V_0}{D} = \frac{2 \cdot 5,45}{0,4} = 27,25 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (3.17)$$

Визначимо частоту обертання фрезерно-барabanного робочого органу:

$$(3.18)_{43}$$

$$f = \frac{60\omega}{2\pi} = \frac{60 \cdot 27,25}{2 \cdot 3,14} = 260 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Тоді швидкість руху самого аератора дорівнює:

$$v = \frac{\omega(D^2 - d^2) \cdot K_3}{H} = \frac{27,25(0,4^2 - 0,2^2)0,6}{1,3} = 0,018 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (3.19)$$

де, k_3 – коефіцієнт наповнення барабану компостом. Цей коефіцієнт залежить від механічних характеристик компосту, кінематичної роботи аератора та висоти компостного бурту і коливається в межах 0,4-0,8 [8]. При розрахунках приймемо, що $k_3 = 0,6$.

Для визначення ефективності роботи аератора обчислимо час, необхідний для ним бурту довжиною a

$$t = \frac{a}{v} = \frac{80}{0,088} \approx 900 \text{ с} \approx 0,25 \text{ год} \quad (3.20)$$

Визначимо продуктивність аератора:

$$Q = \frac{M}{T \cdot t} = \frac{3164}{113 \cdot 0,25} = 112 \text{ т/год} \quad (3.21)$$

3.6. Розрахунок вала на міцність

Вал двигуна передає крутний момент на вал аератора.

Потужність обраного двигуна $N_{\text{дв}} = 15$ кВт. Частота обертання вала цього двигуна $n = 1450$ хв⁻¹. Приймаємо, що передаточне число дорівнює одиниці. Крутний момент на валу ротора можна визначити з формули:

$$M_{\text{пр}} = 9550 \frac{N_{\text{дв}}}{n} \quad (3.22)$$

$$M_{\text{пр}} = 9550 \frac{15}{1450} = 98,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Маючи значення крутного моменту, можемо приблизно визначити діаметр валу:

$$d_p = \sqrt[3]{\frac{M_{np}}{0,2[\tau_{np}]}}$$

де, $[\tau_{np}]$ – максимально допустиме напруження при скручуванні. Згідно з матеріалом вала, приймаємо $[\tau_{np}] = 40$ МПа. [14]

$$d_p = \sqrt[3]{\frac{98,8 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 10}} = 24 \text{ мм}$$

Маючи значення діаметру будуюмо схему розрахунку (Рис.3.8)

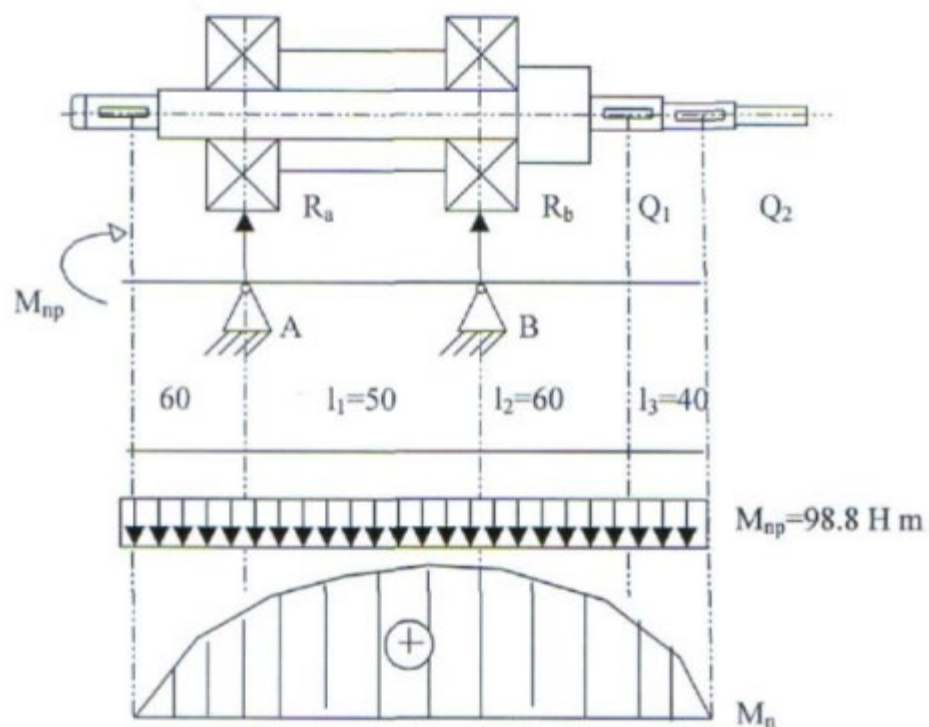


Рисунок 3.8 – Розрахункова схема вала аератора

Можливе навантаження вала показано на схемі. Визначимо реакції в опорах:

$$\sum M_a = 0 + R_b \cdot l_1 \cdot Q_1 \cdot (l_1 + l_2) - Q_2 \cdot (l_1 + l_2 + l_3) \quad (3.24)$$

$$\sum M_b = 0 R_b \cdot l_1 - Q_1 \cdot l_2 \cdot Q_2 \cdot (l_2 + l_3) + R_b = \frac{Q_1 \cdot l_2 + Q_2 \cdot (l_2 + l_3)}{l_1}$$

$$R_b = \frac{Q_1 \cdot l_2 + Q_2 \cdot (l_2 + l_3)}{l_1} \quad (3.25)$$

де, Q_1, Q_2 – сили, що діють на вал при взаємодії оператора на вал під час ТО, експлуатації, $Q_1 = 500 \text{ Н}$, $Q_2 = 250 \text{ Н}$.

$$R_a = \frac{500(0,05 + 0,06) + 250(0,05 + 0,06 + 0,04)}{0,05} = 1850 \text{ Н}$$

$$-R_b = \frac{500 \cdot 0,06 + 250(0,06 + 0,04)}{0,05} = 1100 \text{ Н}$$

Перевірка:

$$R_a + R_b = Q_1 + Q_2 \quad (3.26)$$

$$1850 - 1100 = 500 + 250$$

$$750 = 750$$

Згідно розрахунків, найбільший згинальний момент в точці В. Знайдемо цей момент:

$$M_n = R_b(l_2 + l_3) \quad (3.27)$$

$$M_n = 1850(0,06 + 0,04) = 185 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Напруження в точці В буде:

$$\sigma = \frac{M_n}{w} = \frac{M_n}{0,1 \cdot d^3} \quad (3.28)$$

де, d – діаметр розраховуємого вала в точці В. Приймаємо $d=50 \text{ мм}=0,05 \text{ м}$

Проведемо перевірку на статичну міцність. Перевірку будемо проводити за допустимими напруженнями. З [14] відомо, що при перевантаженні 200% коефіцієнт перевантаження буде становити $K_n = 2$. Вважаємо, що матеріал валу – сталь 40Х, тоді $HV = 200$.

$$\sigma_B = 730 \text{ Мпа}$$

$$\sigma_\tau = 500 \text{ Мпа}$$

$$\tau_\tau = 280 \text{ Мпа}$$

$$\sigma_{-1} = 320 \text{ МПа}$$

$$\tau_{-1} = 200 \text{ Мпа}$$

$$\psi_{\sigma} = 0,1 \quad \psi_{\tau} = 0,05$$

$$\text{Відношення } \sigma_{\tau}/\sigma_B = 0,68$$

Згідно з [14] відношення n_T має бути в межах 1,3-1,5. Проведемо перевірку вала в критичному перерізі:

$$[\sigma_{СТ}] = \frac{\sigma_T}{[n_T]} = \frac{500}{1,5} = 333 \text{ Мпа} \quad (3.29)$$

Максимальне еквівалентне навантаження:

$$\sigma_{\text{екв.мах.}} = K_n \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 2 \sqrt{28,9^2 + 3 \cdot 7,7^2} = 63,6 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{екв.мах.}} < [\sigma_{СТ}] = 333 \text{ Мпа}$$

Отже, статичну міцність вала забезпечено. Коефіцієнт запасу міцності становить:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma - 1}{K_{\sigma} \cdot \sigma} = \frac{\sigma - 1}{\left(\frac{K_{\sigma K}}{K_d} + K_F - 1\right) \cdot K_{\sigma K} \cdot \sigma} \quad (3.30)$$

$$n_{\sigma} = \frac{320}{\left(\frac{1,7}{0,79} + 1,1 - 1\right) \cdot 1 \cdot 28,9} = 4,9$$

$$n_{\tau} = \frac{\tau - 1}{K_{\tau} \cdot \tau} = \frac{\tau - 1}{\left(\frac{K_{\sigma K}}{K_d} + K_F - 1\right) \cdot K_{\tau} \cdot \tau} \quad (3.31)$$

$$n_{\tau} = \frac{220}{\left(\frac{1,45}{0,79} + 1,1 - 1\right) \cdot 1 \cdot 7,7} = 14,7$$

Згідно розрахунків, міцність в екстремумах забезпечено. Враховуючи діаметр вала під маточину ($d=40\text{мм}$) рекомендується підшипник 308 [15].

3.7 Розрахунок шпонкового з'єднання

Враховуючи діаметр вала під маточину ($d=40\text{мм}$) приймаємо призматичну шпонку 12x8x50 згідно [8].

Розрахункова довжина шпонки складає:

$$l_p = l - b = 50 - 12 = 38 \text{ мм} \quad (3.32)$$

Перевіримо міцність шпонкового з'єднання:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot M_{\text{пр}} \cdot 10^3}{d(h - t_1) \cdot l_p} \leq [\sigma_{\text{см}}] \quad (3.33)$$

де, h - висота шпонки, $h = 8 \text{ мм}$;

t_1 - глибина паза на валу, $t_1 = 5 \text{ мм}$ [16]

$[\sigma_{\text{см}}]$ - допустиме навантаження зминання, $[\sigma_{\text{см}}] = 80 \text{ МПа}$.

Прийmemo сталь 20.

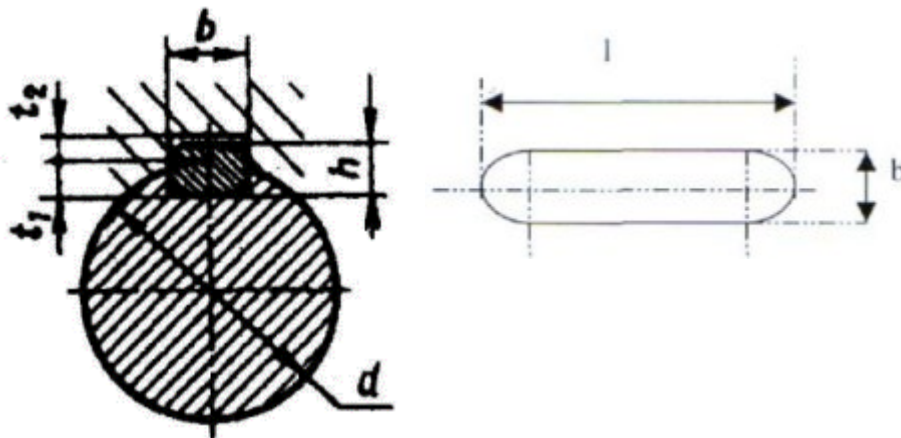


Рисунок 3.9 – Схема шпонкового з'єднання

Підставляємо відомі значення в формулу (3.33), отримуємо:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot 98,8 \cdot 10^3}{40(8 - 5) \cdot 38} = 43,3 \text{ МПа}$$

43,3 МПа \leq 80 МПа – міцність забезпечено.

3.8 Висновки

В цьому розділі нами було виконане наступне:

- Проведено аналіз патентний джерел та коротко описано суть та мету вдосконалення. А саме створення аератора компосту, де завдяки унікальному розміщенню робочих елементів на обертовому фрезерному барабані, забезпечується ефективно перемішування компосту, його насичення киснем і формування в насипи.
- Проведено розрахунок геометричних характеристик агрегату, в результаті якого була визначена найменша швидкість вильоту частинки матеріалу ($5,45 \frac{M}{c}$).
- Проведено розрахунок кінематичних та силових параметрів, визначено продуктивність аератора (112 т/год), обергальну швидкість барабану ($27,25 \frac{рад}{c}$) та швидкість руху аератора ($0,018 \frac{M}{c}$).
- Проведено розрахунок вала, підібрано радіальні кулькові підшипники 308.
- Підібрано шпонкове з'єднання 12x8x50 для вала.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Нормативно правова база

Забезпечення безпеки праці та реагування на надзвичайні ситуації на сільськогосподарському підприємстві є критично важливими для створення безпечного робочого середовища для працівників. Ключові елементи забезпечення безпеки на фермі охоплюють:

1. Аналіз ризиків: Виконайте всебічний аналіз ризиків, що оцінює всі потенційні небезпеки, пов'язані з роботою з тваринами, машинами та хімічними речовинами. Виявіть можливі загрози та розробіть стратегії їх нейтралізації чи мінімізації.

2. Підготовка та тренінг: Проведіть обов'язковий тренінг та інструктаж для всіх працівників ферми. Це має включати інформацію про правильні методи роботи, безпечне використання обладнання та процедури реагування на екстрені ситуації.

3. Засоби індивідуального захисту: Постачайте працівникам необхідні засоби індивідуального захисту, такі як рукавиці, захисні окуляри, респіратори, шоломи та захисний одяг, виходячи з конкретних ризиків та вимог діяльності на фермі.

4. Безпека при роботі з тваринами: Встановіть чіткі процедури безпеки для взаємодії з тваринами, що охоплюють правила годівлі, догляду та обережності при контакті з тваринами для запобігання укусам та іншим травмам.

5. Запобігання пожежам: Забезпечте ферму належними засобами пожежогасіння, включаючи наявність вогнегасників. Регулярно перевіряйте це обладнання та тренуйте персонал на випадок пожежі.

6. План дій у надзвичайних ситуаціях: Розробіть детальний план дій для реагування на екстрені ситуації, такі як пожежі, аварії з машинами або випадки

втечі тварин. Усі працівники мають бути ознайомлені з цим планом і знати свої дії у випадку надзвичайної ситуації.

4.2 Вимоги охорони праці при прискореному компостуванні

1. Медичні заходи: Організуйте доступ до невідкладної медичної допомоги на території ферми. Навчіть всіх працівників основам першої допомоги та використанню необхідного медичного інвентарю.

2. Створення планів реагування на екстрені випадки: Виконайте аналіз потенційних загроз і розробіть детальні плани дій для різноманітних надзвичайних ситуацій, таких як пожежі, хімічні аварії, затоплення. Упевніться, що всі працівники знайомі з цими планами і проходили відповідне тренування.

3. Впровадження заходів безпеки: Встановіть системи безпеки на фермі, включаючи пожежні сигналізації, вогнегасники, детектори витоку газів та інші заходи захисту. Регулярно перевіряйте їхню справність та навчайте персонал користуватися ними.

4. Безпечне використання обладнання: Переконайтеся, що все обладнання на фермі безпечно для використання, підлягає систематичному обслуговуванню та перевірці. Надайте працівникам інструкції щодо безпечного користування машинами та перевіряйте дотримання інструкцій.

5. Зберігання та використання хімікатів: Забезпечте належне зберігання та маркування хімічних речовин на фермі. Вживайте заходів безпеки при роботі з хімікатами, включаючи використання захисного спорядження та слідування правилам обробки.

6. Освітні програми для персоналу: Регулярно проводьте освітні сесії з питань охорони праці та безпеки для всіх працівників. Підвищуйте обізнаність щодо потенційних ризиків, процедур дій в екстрених ситуаціях та правил безпеки.

7. Перевірка та поліпшення: Систематично проводьте перевірки стану охорони праці та безпеки, виявляйте недоліки та впроваджуйте поліпшення у систему безпеки на фермі. Залучайте працівників до цього процесу, мотивуючи їх до активної участі в забезпеченні безпеки робочого місця.

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

1. Розробка плану реагування на екстрені випадки: Створіть комплексний план для реагування на екстрені ситуації, включаючи пожежі, наводнення та аварії на обладнанні. Окресліть евакуаційні процедури, шляхи евакуації, місця збору та укриття.

2. Ознайомлення персоналу з екстреними процедурами: Переконайтеся, що всі співробітники знайомі з планом дій на випадок надзвичайних ситуацій, вміють діяти під час евакуації та знають розташування аварійних виходів, пожежного обладнання та аптечок.

3. Забезпечення пожежної безпеки: Переконайтеся в наявності достатньої кількості пожежних кранів, систем тривоги та вогнегасників на фермі. Здійснюйте технічне обслуговування пожежного обладнання та навчайте персонал користуванню вогнегасниками та діям під час пожежі.

4. Безпека використання електрообладнання: Переконайтеся, що всі електричні системи та обладнання відповідають стандартам безпеки. Забезпечте систематичний огляд та технічне обслуговування електроприладів, навчайте працівників безпечному використанню електрообладнання.

5. Попередження нещасних випадків: Впроваджуйте заходи безпеки для попередження травмувань працівників, включаючи використання захисного спорядження, організацію безпечних робочих просторів, маркування небезпечних зон та навчання безпеки.

6. Екстрена медична допомога: Гарантуйте доступність аптечки першої допомоги та організуйте тренінги з надання першої допомоги для співробітників. Забезпечте наявність медичного інвентарю та матеріалів на фермі.

7. Моніторинг навколишнього середовища: Регулярно перевіряйте на присутність шкідливих речовин, газів або інших елементів, які можуть негативно вплинути на здоров'я працівників або тварин. Дотримуйтесь стандартів якості повітря та води на фермі.

4.4 Захист навколишнього середовища

1. Ефективне управління відходами: Забезпечте правильне зберігання, обробку та утилізацію відходів свиноферми, включаючи гній та стічні води. Використовуйте системи для обробки та переробки гною з метою зменшення забруднення навколишнього середовища.

2. Мінімізація викидів: Встановіть технології для зниження викидів аміаку та інших шкідливих газів, які утворюються в результаті розкладання органічних відходів. Це може включати вентиляційні системи, біофільтри та інші методи контролю запаху.

3. Раціональне використання ресурсів: Застосовуйте техніки ефективного використання води та енергії. Розгляньте можливість використання відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна або біоенергія, для забезпечення потреб свиноферми.

4. Застосування екологічно чистих кормів: Вибирайте корми, що виробляються з урахуванням стандартів сталого розвитку, щоб зменшити вплив на довкілля від виробництва кормових культур.

5. Збереження біорізноманіття: Захищайте природні екосистеми та середовища проживання, які можуть бути залучені або вплинуті діяльністю свиноферми. Розробіть плани забезпечення захисту місцевого біорізноманіття.

6. Інтегроване управління шкідниками та хворобами: Застосовуйте комплексні підходи до контролю за шкідниками та хворобами, що мінімізують використання хімічних пестицидів та антибіотиків. Дотримуйтесь практик біобезпеки для запобігання поширенню хвороб.

7. Планування та моніторинг: Регулярно проводьте моніторинг стану навколишнього середовища на території свиноферми та в її околицях. Використовуйте отримані дані для планування заходів зі зменшення негативного впливу на довкілля.

8. Освіта та тренінги: Навчайте персонал свиноферми екологічно відповідальним методам роботи. Проводьте регулярні тренінги та семінари з питань охорони навколишнього середовища.

4.5 Висновки

У цьому розділі наведено основні принципи та вимоги до безпеки праці під час компостування гною, необхідні дії у випадку виникнення пожежі, а також основні правила захисту навколишнього середовища.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА АГРЕГАТУ

5.1 Методика розрахунку економічної ефективності

Визначимо величину оплати праці персоналу:

$$З = (\tau \cdot C \cdot k)$$

де, τ – час роботи;

C – годинна ставка;

k – коефіцієнт відрахувань.

Амортизаційні витрати можна витрати можна визначити з наступного рівняння:

$$A = a \cdot B_6$$

де, a – коефіцієнт амортизаційних витрат;

B_6 – балансова вартість.

Затрати на ТО і поточний ремонт:

$$R = r \cdot B_6$$

де, r – коефіцієнт витрат на ремонт;

Витрати на ПММ визначимо з формули:

$$З_{\text{ПММ}} = \tau \cdot K_B \cdot B_{\text{дп}}$$

де, K_B – норма витрати ПММ;

$B_{\text{дп}}$ – середня вартість ПММ.

Експлуатаційні затрати:

$$U = З + A + R + З_{\text{ПММ}}$$

Приведені затрати:

$$\Pi = U + e \cdot B_6$$

де, e – нормативний коефіцієнт капітальних вкладень.

Річний економічний ефект у порівнянні з аналогом, грн:

$$E_p = \Pi_a - \Pi_n$$

де, Π_a – приведені затрати американського аналогу;

Π_n – приведені затрати вдосконаленого агрегату.

Річний економічний ефект у порівнянні з базовою машиною, грн:

$$E_p = \Pi_6 - \Pi_n$$

де, Π_6 – приведені затрати базової машини.

Економічна вартість за весь термін служби, грн:

$$E_c = \frac{E_p}{(a + e)}$$

Термін окупності:

$$P = \frac{B_6}{E_p}$$

Вихідні дані та результати розрахунку наведемо в додатках.

5.2 Висновок

Загалом проведені економічні розрахунки свідчать, що застосування змішувача-аератора компосту дозволяє отримати річний економічний ефект у розмірі – 109,8 тис. грн. Термін окупності складе 1,4 роки (1 рік та 5 місяців).

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В результаті виконання дипломного проєкту було досліджено проблема очищення, утилізації та/або переробки відходів.

В першому розділі викладено ключову інформацію про свинарське підприємство ПП «Сігма» яке з маленького радгоспу в селі степове виросло в провідного виробника свинини в Україні. Також зазначено основну інформацію з приводу складу гною та його характеристик. Наведено загальну інформацію про технології компостування.

В другому розділі було прийнято вихідні дані, що були покладені в основу наступних розрахунків, а саме кількість свиней (загалом 6650 голів) та норми виділення гною для кожної технологічної групи. Було визначено загальний добовий вихід гноївки, він складає 24535 кг (26,3 м³). Крім того було обрано насос GMVP 200/085 за потужністю (3,4 кВт) та об'ємним потоком (0,027 м³/с). Також було розроблено технологічну схему, наведено приклад дугового сита та обрано прес-сепаратор 1Т-ВПО-20А.

Третій розділ описує сутність та мету вдосконалення аератора, а саме створення аератора компосту, де завдяки унікальному розміщенню робочих елементів на обертовому фрезерному барабані, забезпечується ефективно перемішування компосту, його насичення киснем і формування в насипи. Проведено патентний аналіз джерел. Проведено розрахунок геометричних характеристик агрегату, в результаті якого була визначена найменша швидкість вильоту частинки матеріалу (5,45 м/с). Проведено розрахунок кінематичних та силових параметрів, визначено продуктивність аератора (112 т/год), обертальну швидкість барабану (27,25 рад/с) та швидкість руху аератора (0,018 м/с). Проведено розрахунок вала, підібрано радіальні кулькові підшипники 310 та шпонкове з'єднання 16x10x70.

В четвертому розділі наведено основні положення нормативно правової бази, вимоги до охорони праці, правила безпеки в надзвичайних ситуаціях та вимоги захисту навколишнього середовища.

В п'ятому розділі порівняли вдосконалений аератор з його базовою версією аератором МПК-Ф-1 та американським аналогом Aeromaster PT-130 від фірми MidwestBiosystem. В результаті порівняння виявлено, що річний економічний ефект порівняно з аналоговим аератором 124,1 тис.грн., а в порівнянні з базовим – 109,8 тис.грн. Термін окупності складає 1,4 роки.

За результатами даного дипломного проєкту можна зробити висновок, що подібне вдосконалення аератора є ефективним рішенням для великих ферм, що мають значні об'єми щоденного виходу гною. Також було встановлено, що найкращим способом позбутися відходів є їх переробки на біогаз та компост. Згідно розробленої технологічної схеми можна зробити висновок наскільки привабливим є саме переробка відходів, а не їх утилізація. Особливо це стосується свинарських підприємств та підприємств з вирощування ВРХ. Для підприємств пов'язаних з ВРХ це актуально, оскільки гній ВРХ є найбільш цінним в плані переробки. Для свиноферм це може бути цікаво, оскільки свинарники потребують опалення (на відміну від корівників чи пташників), що одразу вирішить проблему реалізацію виготовленого газу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Відродження органіки: свинячий гній. URL: <https://ag-bag.ua/advice/vidrozhennja-organiki-svinjachij-gnij> (дата звернення: 15.04.2024).
2. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/pdf/sistemi_vidalennya_obrobki_pidgo-3-200110.pdf (дата звернення: 15.04.2024).
3. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни «Машини і обладнання та їх використання в тваринництві» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія». Дніпро: ДДАЕУ, 2022. 163 с.
4. Омельченко О. О., Ткач В. Д. Довідник з механізації тваринництва і птахівництва ферм та комплексів. Київ: Урожай, 1982. 270 с.
5. Повод М. Г. Ефективність виробництва свинини при різних технологіях утримання свиней. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. Дніпропетровськ, 2006. № 2. С. 111–116.
6. URL: <https://patents.google.com/patent/US3369797A/en?q=US3369797> (дата звернення: 15.04.2024).
7. URL: <https://pumpcentre.com.ua/> (дата звернення: 15.04.2024).
8. Механізація виробництва продукції тваринництва / За ред. І. І. Ревенка. Київ: Урожай, 2004.
9. Бондар О. І., Барановська В. Є., Єресько О. В. Екологічна освіта для сталого розвитку у запитаннях та відповідях: науково-методичний посібник для вчителів / за ред. О. І. Бондаря, 2011. 228 с.
10. Про відходи: Закон України в Документ 187/98-ВР, чинний, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр#Text> (дата звернення: 25.04.2024).

11. Про охорону навколишнього середовища: Закон України. Документ 1264-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 25.04.2024).

12. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005-96 (Розділи А.1 - А.20). Документ v0089217-96, поточна редакція - Редакція від 01.05.2008. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96#Text> 84 (дата звернення: 25.04.2024).

13. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни «Машини і обладнання та їх використання в тваринництві» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія». Дніпро: ДДАЕУ, 2022. 163 с.

14. Кагадій С. В., Дем'яненко А. Г., Гурідова В. О. Основи механіки матеріалів і конструкцій. Дніпропетровськ: Вид-во «Свідлер А. Л.», 2011. 416 с.

15. Дирда В. І., Овчаренко Ю. М., Козуб Ю. Г., Рижков І. Є. Деталі машин. Практикум та курсове проектування: навчальний посібник. Дніпропетровськ – Луганськ – Львів: Авантаж, 2009. 285 с.

16. Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту з дисципліни «Деталі машин» / О. В. Толстенко, О. А. Черній, Д. Л. Васильєв. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 84 с.

17. Тваринництво України 2011. Статистичний збірник. За редакцією Н.С. Власенко. Державна служба статистики України, 2012. 212 с.

18. Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми): відомчі норми технологічного проектування; ВНТП–АПК 02.05. Мінагрополітики України. Київ, 2005. 97 с.

19. Повод М. Порівняння різних технологій утримання свиней. Agroexpert: практичний посібник аграрія. 2010. № 10. С. 54-57.

20. Протокол енергетичної оцінки змішувача-аератора компосту / Державна наукова установа «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого», Львівська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. 18 с.

21. Шевченко І. А. Результати експериментальних досліджень змішувача-аератора компостів. Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць. Запоріжжя, 2011. № 2 (8). С. 80-88.

22. Павленко С. І. Аналіз і обґрунтування технологічних процесів компостування сільськогосподарських органічних відходів тваринного походження. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2012. №2. С. 53.

23. Лінник М. К. Технологія прискореного компостування органічних відходів. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 10. С. 56-58.

24. Ikenganyia E. Onyeonagu, C. Mbah, C. Azuka, C. Aneke, I. Evaluation of the agronomic potentials of swine waste as a soil amendment. *Afr. J. Agric. Res.* 2014, 9, 3761–3765.

25. Zaleski H. M., Paquin D. G. Composted Swine Manure for Vegetable Crop Application; CTAHR: Honolulu, HI, USA, 2005.

26. Повод М. Г. Ефективність виробництва свинини при різних технологіях утримання свиней. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2006. № 2. С. 111–116.

27. Aliiev E. B., Dudin V. Yr., Gavrilchenko A. S. Numerical simulation of mechanic-technological processes of livestock. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2020. Вип. 209. С. 77-79.

28. Ecological and economic assessment of the effectiveness of implementing bioenergy technologies in the conditions of post-war recovery of Ukraine / V. Dudin,

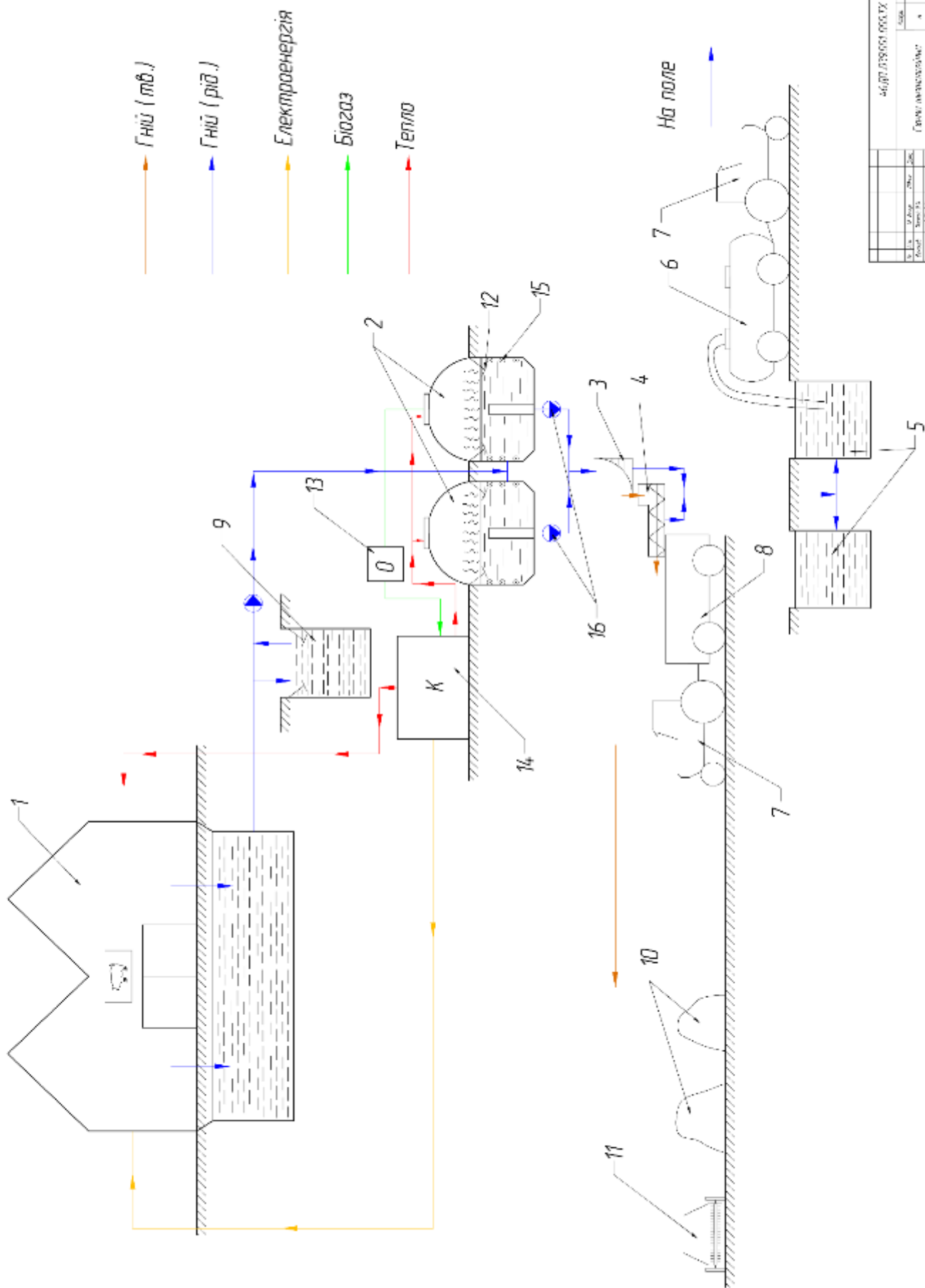
M. Polehenka, O. Tkalich and other. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2024. № 1. С. 203–208.

29. Удосконалення процесу проектування свиноферм в сучасних умовах / В. Ю. Дудін, І. О. Романюха, Л. О. Кіряцев, О. С. Гаврильченко, М. Г. Повод. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2013. № 2. С. 72-75.

30. Дудін В. Ю. Огляд світових практик поводження з рідким гноем та відповідної законодавчо-нормативної бази. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства*. 2019. Вип. 201: Інноваційні проекти у галузі технічного сервісу машин. С. 72-79.

31. Особливості проектування свиноферм в сучасних умовах / В. Ю. Дудін, І. О. Романюха, Л. О. Кіряцев, О. С. Гаврильченко, М. Г. Повод. Харків: ХНТУСГ, 2013.

ДОДАТКИ



№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

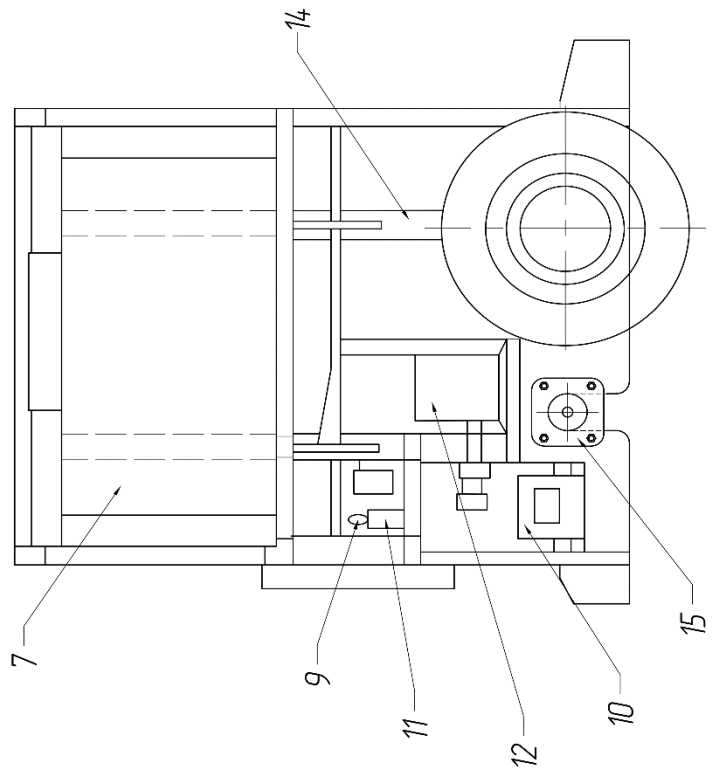
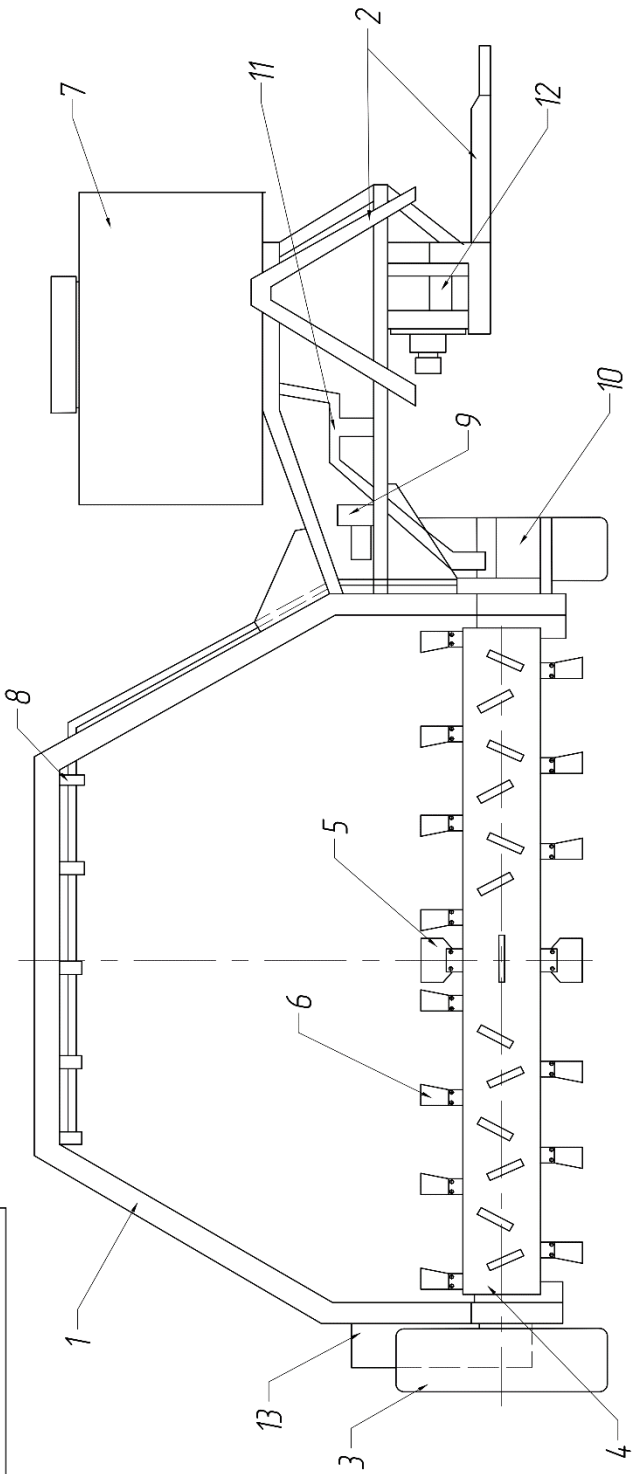
46101.00001.000.00

ГРІНІ І АРХІТЕКТУРА

№

№

№



Технічні характеристики:

1. Агрегатується з тракторами тягового класу 1,4.

2. Тип – причіпний

3. Продуктивність, т/год – 112

4. Габаритні розміри, мм (не більше)
довжина – 4510

ширина – 1865

висота – 2040

5. Маса, кг (не більше) – 556

№	Ідентифікаційний номер	Дата виготовлення	Місце виготовлення
1	2	3	4

4610000160010000083	
Знаряд-агрегатор	Знаряд-агрегатор
МПК-Ф-1	МПК-Ф-1
Класифікаційний код	Класифікаційний код
ДІАЛ	ДІАЛ
Група М-2-20	Група М-2-20

№ з/п	Показник	Аналог	МПК-Ф-1	Дослідний зразок
1	Оплата праці персоналу, грн.	681,30	3324,74	1662,37
2	Амортизаційні відрахування, грн.	53760,00	28800,00	9600,00
3	Відрахування на ТО і поточний ремонт, грн.	67200,00	36000,00	12000,00
4	Заграти на паливно-мастильні матеріали, грн.	11663,55	69566,57	18972,70
5	Прямі експлуатаційні затрати, грн.	133304,84	137691,31	42235,07
6	Приведені затрати, грн.	173624,84	159291,31	49435,07
7	Річний економічний ефект у порівнянні з аналогом, грн.	0,00	14333,54	124189,77
8	Річний економічний ефект у порівнянні з базовою машиною, грн.	-	0,00	109856,24
9	Економічний ефект за весь термін служби, грн.	-	-	241249,97

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
				<u>Документація</u>		
			46КП.039.100.000.В3	Змішувач-аератор МПК-Ф-1		
				<u>Складальні одиниці</u>		
	1		46КП.039.101.000	Рама	1	
	2		46КП.039.102.000	Начіпний пристрій	1	
	3		46КП.039.103.000	Опорні колеса	2	
	4		46КП.039.104.000	Фрезерний барабан	1	
	5		46КП.039.105.000	Подвійна лопать	4	
	6		46КП.039.106.000	Лопать	40	
	7		46КП.039.107.000	Ємність для рідини	1	
	8		46КП.039.108.000	Розпилювач	5	
	9		46КП.039.109.000	Розподільник	1	
	10		46КП.039.110.000	Насос	1	
	11		46КП.039.111.000	Фільтр	1	
	12		46КП.039.112.000	Редуктор	1	
	13		46КП.039.113.000	Гідродомкрат	1	
	14		46КП.039.114.000	Гвинтовий вал	1	
				<u>Деталі</u>		
	15		46КП.039.115.000	Кришка підшипника	1	

		46ДП.039.100.000.В3						
Зн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Змішувач-аератор МПК-Ф-1	Літера.	Аркуш	Аркушів
Виконав		Жаркоб В.О.						
Перевір.		Дудін В.Ю.						
Наситр.		Івлев В.В.						
Замб.								
						ДДАЕСУ Група М-2-20		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	к-ть.	Примітка
				<u>Документація</u>		
			46 КП.039.104.000.СК	Фрезерний барабан		
				<u>Складальні одиниці</u>		
	1		46 КП.039.104.001	Фрезерний барабан	1	
				<u>Деталі</u>		
	2		46 КП.039.104.002	Подвійна лопать	4	
	3		46 КП.039.104.003	Лопать	40	
	4		46 КП.039.104.004	Кришка підшипника	1	
	5		46 КП.039.104.005	Вал	1	
	6		46 КП.039.104.006	Кільце ущільнювальне	1	
	7		46 КП.039.104.007	Корпус підшипника	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
	8			Болт М20 х 35 ДСТУ 7805-70	2	
	9			Гайка М20 ДСТУ 5915-70	2	
	10			Шайба 20 ДСТУ11371-70	2	
	11			Підшипник 310 8338-75	2	
	12			Шпанка 12x8x50 ДСТУ 23360-78	1	
	13			Болт М5 ДСТУ 7805-70	4	
				46 ДП.039.104.000.ВЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Виконав		Жарков Д.О.			Літера.	Аркуш
Перевір.		Дудін В.В.				1
Начектр.		Івасів В.В.			Група М-2-20	
Заліз.						2
Фрезерний барабан						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	к-ть.	Примітка
				<u>Стандартні вироби</u>		
		14		Болт М10 ДСТУ 7805-70	4	
		15		Гайка М10 ДСТУ 5915 -70	4	
		16		Шайба 10 ДСТУ11371-70	4	
Лн	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	46ДП.039.10 4.000.ВЗ	
					Аркуш	2